

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 468

**ONKAMOIDEN VESIENSUOJELU-
SUUNNITELMA**

Paula Mononen

Nro 468

**ONKAMOIDEN VESIENSUOJELU-
SUUNNITELMA**

Paula Mononen

Vesi- ja ympäristöhallitus
Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri
Helsinki 1993

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiristä

ISBN 951-47-6734-9

ISSN 0783-3288

Painopaikka:

Laser-Paino Oy
Helsinki 1993

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri

Julkaisun päivämäärä

10.3.1993

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Paula Mononen

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Onkamoiden vesiensuojelusuunnitelma

Vattenvårdsplan för Onkamo-sjöarna

Julkaisun laji

Selvitys

Toimeksiantaja

Toimielimen asettamispvm

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Onkamoiden vesiensuojelun suunnittelun tarkoituksena oli selvittää Pohjois-Karjalassa sijaitsevien Onkamojärvien tilan kehitystä ja kuormittavia tekijöitä, asettaa vesiensuojelutavoitteet sekä esittää keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Työ on tehty yhteistyössä alueen kuntien, kalastuskunnan ja muiden sidosryhmien kanssa. Suunnittelun pohjaksi tehtiin useita selvityksiä: maankäyttö- ja hajakuormitus selvitys, Onkamoiden pohjakerrostuma-, kasviplankton- ja pohjaeläin-tutkimukset sekä selvitykset ravinnekuormituksesta, rantarakentamisesta ja järvien vedenkorkeuden tasoittamisesta.

Onkamoiden ravinnekuormitus on peräisin hajapäästöistä. Sääoloiltaan keskimääräisenä vuonna järviin tulee noin 2900 kg/a fosforia ja 58 000 kg/a typpeä. Fosforikuormasta maa- ja metsätalouden osuus on laskelmien mukaan 42 %, ilman kautta tulevan laskeuman 21 %, haja- ja loma-asutuksen 10 %, turkistarhauksen 1,5 % ja turvetuotannon 0,5 %. Typpikuormasta 41 % on peräisin ilmasta. Keskimääräistä runsassateisempina vuonna 1991 järviin tuli yhteensä noin 4300 kg fosforia ja 102 000 kg typpeä. Fosforitaseen perusteella sisäisellä kuormituksella on Onkamoissa hallitseva merkitys.

Onkamot ovat tuottavuudeltaan lähinnä lievästi reheviä ravinnepitoisuuksien mukaan arvioituna. Sen sijaan biologisten muuttujien perusteella Onkamot ovat selvästi reheviä vesistöjä. Kasviplankton- ja pohjaeläinlajistossa esiintyy kuitenkin myös niukkatuottoisuutta ilmentäviä lajeja, kuten esimerkiksi valkokatkaa (*Pontoporeia affinis*). Onkamoiden suurehkosta luontaisesta tuottavuudesta huolimatta rehevöityminen ja sen aiheuttamat ongelmat ovat viime vuosien aikana lisääntyneet. Järvistä saadaan kuitenkin edelleen Pohjois-Karjalan parhaat muikkusaaliit.

Vesiensuojelusuunnitelman tavoitteena Onkamoilla on rehevöitymiskehityksen pysäyttäminen ja rehevöitymisestä aiheutuvien haittojen vähentäminen. Tavoitteena on toisin sanoen levähaittojen vähentäminen, matalien ranta-alueiden umpeenkasvun estäminen sekä kalaston, erityisesti muikun, elinolojen turvaaminen. Suunnitelmassa esitetään valtioneuvoston periaatepäätöksen (Vesiensuojelun tavoiteohjelmaohjelma vuoteen 1995) mukaiset ulkoisen ravinnekuormituksen vähentämistavoitteet ja kunkin kuormittavan tekijän osalta yksityiskohtaiset keinot kuormituksen vähentämiseksi. Eräänä vaihtoehtona levähaittojen vähentämiseksi suunnitelmassa esitetään vähäarvoisten kalojen tehopyyntiä.

Asiasanat (avainsanat)

Hajakuormitus, veden laatu, pohjaeläimet, kasviplankton, sedimentti, sisäinen kuormitus, biomanipulaatio, fosforitase, rehevöityminen, rantarakentaminen, vesiensuojelu

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 468

ISBN

951-47-6734-9

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

80

Kieli

suomi

Hinta

Luottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri
PL 69, 80101 Joensuu, puh. 973-1411

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus
PL 250, 00101 Helsinki

Utgivare

Vatten- och miljöstyrelsen, Norra Karelen vatten- och miljödistrikt

Utgivningsdatum

10.3.1993

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)

Paula Mononen

Publikation (även den finska titeln)

Vattenvårdsplan för Onkamo-sjöarna

Onkamoiden vesiensuojelusuunnitelma

Typ av publikation

Utredning

Uppdragsgivare

Datum för tillsättandet av organet

Publikationens delar

Referat

Målet med planeringen av vattenvården var att utreda Onkamo-sjöarnas tillstånd och belastning, uppställa mål för vattenvården och presentera åtgärder genom vilka de uppställda målen kan nås. Onkamo-sjöarna ligger i Norra Karelen. Planeringen har gjorts i samarbete med kommunerna, fiskelaget och andra intressegrupper i området. Vid planeringen har många utredningar gjorts: en utredning om markandvändning och diffus belastning, undersökningar av sediment, växtplankton och bottenjur samt utredningar om belastning, vattenbyggnadsarbeten vid stränderna och stabilisering av vattennivån i sjöarna.

Onkamo-sjöarna utsätts för diffus belastning. Under normala klimatförhållanden är den totala närsaltsurlakningen cirka 2900 kg fosfor och 58 000 kg kväve per år. Enligt beräkningarna härstammar 42 % av fosforbelastningen från jord- och skogsbruket, 21 % från luften, 10 % från gles- och fritidsbosättningen, 1,5 % från pälsfarmerna samt 0,5 % från torvproduktionen. 41 % av kvävebelastningen kommer från luften. Under det regniga året 1991 var den totala närsaltsurlakningen i sjöarna ungefär 4300 kg fosfor och 102 000 kg kväve. På basen av fosforbalansen har den interna belastningen stor betydelse i Onkamo-sjöarna.

På basen av närsaltshalterna kan Onkamo-sjöarna klassificeras närmast som mesotrofa vattendrag. Enligt de biologiska parametrarna är Onkamo-sjöarna däremot tydligt eutrofa. Bland växtplankton och bottenjuren finns emellertid också arter som avspeglar oligotrofi, till exempel vitmärla (*Pontoporeia affinis*). Oavsett Onkamo-sjöarnas naturligt höga produktivitet har eutrofieringen och dess skadliga verkningar ökat. Fångsterna av siklöja (mujka) har dock fortfarande varit de största i Norra Karelen.

Målet med vattenskyddsplanen för Onkamo-sjöarna är att förhindra eutrofieringen och att minska de skadliga effekter eutrofieringen har medfört. Målet är med andra ord att minska de olägenheter som algerna förorsakar, att förhindra att de grunda stränderna växer igen och att bevara fiskbeståndets, särskilt mujkans, levnadsförhållanden. I planen presenteras målen för minskning av den yttre närsaltsbelastningen i enlighet med statsrådets principbeslut (Målprogrammet för vattenvården fram till år 1995) och för varje belastande faktor föreslås detaljerade medel för hur belastningen minskas. Som ett alternativ för att minska algbloomingar föreslås intensivfiske av ekonomiskt mindre värd fisk.

Sakord (nyckelord)

Diffus belastning, vattenkvalitet, växtplankton, bottenjur, sediment, intern belastning, biomanipulation, fosforbalans, eutrofiering, vattenbyggnadsarbeten, vattenvård

Övriga uppgifter

Seriens namn och nummer

Vatten- och miljöstyrelsens duplikatserie nr 468

ISBN

951-47-6734-9

ISSN

0783-3288

Sidantal

80

Språk

finska

Pris

Sekretessgrad

Offentlig

Distribution

Norra Karelen vatten- och miljödistrikt
PB 69, 80101 Joensuu, Tel. 973 - 1411

Förlag

Vatten- och miljöstyrelsen
PB 250, 00101 Helsingfors

SISÄLLYS

Sivu

1	JOHDANTO	7
2	SUUNNITTELUALUE	8
2.1	Onkamot ja niiden valuma-alue	8
2.1.1	Hydrologisia tietoja suunnittelualueesta	8
2.1.2	Kallio- ja maaperä	10
2.1.3	Valuma-alueen maankäyttö	10
2.2	Vedenpinnan lasku	11
2.3	Kalasto ja kalastus	11
3	ERILLISSELVITYKSET	12
3.1	Kuormituselvitykset ja fosforitase	12
3.1.1	Hajakuormituslaskelmat	12
3.1.2	Fosforitase	13
3.2	Vedenlaatu- ja kasviplanktonitutkimukset	13
3.3	Pohjaeläintutkimus	15
3.4	Pohjasedimenttitutkimus	15
3.5	Vedenkorkeuksien tasoittaminen	16
4	VESISTÖN TILAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	16
4.1	Pistemäinen jätevesikuormitus	16
4.2	Hajakuormitus	17
4.2.1	Yleistä	17
4.2.2	Maatalous	18
4.2.3	Metsätalous	22
4.2.4	Turvetuotanto	25
4.2.5	Turkistarhaus	26
4.2.6	Haja- ja loma-asutus	27
4.2.7	Ilman kautta tuleva laskeuma	28
4.3	Yhteenveto ulkoisesta kuormituksesta	28
4.4	Sisäinen kuormitus	29
4.5	Rantarakentaminen	30
4.5.1	Yleistä	30
4.5.2	Rantarakentaminen Onkamoilla	31
5	RAVINNEKUORMITUS JA FOSFORITASE VUONNA 1991	32
5.1	Sääolot	32
5.2	Ravinnekuormitus	32
5.3	Fosforitase	33

6	ONKAMOIDEN TILA VUONNA 1991	35
6.1	Veden laatu	35
6.1.1	Onkamot	36
6.1.2	Lotokanjoki ja Nivanjoki	40
6.1.3	Onkamoihin laskevat purot	42
6.2	Kasviplanktonbiomassa ja -lajisto	44
6.3	Pohjaeläimistö	46
6.3.1	Yleistä	46
6.3.2	Ranta-alue, litoraali (3 m)	46
6.3.3	Alempi litoraali (5 m)	47
6.3.4	Syvännealueet (7 - 12 m)	47
6.4	Pohjasedimentti	47
6.5	Yhteenveto Onkamoiden tilasta ja käyttökelpoisuudesta	48
7	VEDENKORKEUKSIEN TASOITTAMINEN	49
7.1	Vedenkorkeus eri laskentavaihtoehtoisissa	49
7.2	Hankkeesta aiheutuvat hyödyt, haitat ja kustannukset	51
7.3	Toteuttamisedellytykset	51
8	VESIENSUOJELUTAVOITTEET	52
8.1	Vesiensuojelun tavoiteohjelma	52
8.2	Tavoitteet Onkamoilla	52
9	TOIMEPIDE-ESITYKSET	53
9.1	Kuormituksen vähentäminen	53
9.1.1	Yleistä	53
9.1.2	Maatalous	54
9.1.3	Metsätalous	56
9.1.4	Haja- ja loma-asutus	57
9.1.5	Turvetuotanto	58
9.1.6	Turkistarhaus	58
9.2	Rehevöitymishaittojen vähentäminen	59
9.3	Rantarakentaminen	60
10	YHTEENVETO	61
	KIRJALLISUUS	64
	LIITTEET	70
1	Onkamoiden tilavuus ja pinta-ala syvyyden funktiona	
2	Kasviplanktonbiomassan kehitys Onkamoissa vuonna 1991	
3	Eri leväryhmien osuus Onkamoiden kasviplanktonbiomassasta vuonna 1991	
4	Pohjaeläinten kokonaisbiomassat ja yksilömäärät Onkamoissa vuonna 1991	
5	Onkamoiden pohjasedimentin piilevälaajiston stratigrafiset kuvaajat	
6	Pohjasedimentin hehkuskevennys, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppi- toisuudet sekä C/N-suhde Onkamoissa kevättalvella 1991	

1 JOHDANTO

Kalaisuudestaan tunnetuissa Onkamoissa on viime vuosina todettu kiihtyvää rehevöitymistä, mikä on johtanut mm. toistuviin levähaittoihin kesäisin. Vuonna 1989 Onkamoissa esiintyi laaja-alainen sinilevien massaesiintymä, nk. leväkukinta, joka kesti heinäkuun lopusta pitkälle syksyyn. Rehevöitymisongelmat ovat rajoittaneet järvien virkistyskäyttöä.

Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä käynnistettiin vuonna 1990 Onkamoiden alueen vesiensuojelun suunnittelu. Työn tarkoituksena oli selvittää Onkamoiden tilan kehitystä ja kuormittavia tekijöitä, asettaa vesiensuojelutavoitteet sekä esittää keinot tavoitteiden saavuttamiseksi.

Suunnittelun ensi vaiheessa selvitettiin Onkamoiden valuma-alueen maankäyttöä ja hajakuormitusta kesällä 1990 (Vänskä 1991). Syksyllä 1990 järjestettiin Onkamoiden tilaa koskeva yleisötilaisuus, jossa pohdittiin mahdollisuuksia järven tilan parantamiseksi. Tilaisuudessa tuotiin esille mm. ajatus Onkamoiden vedenkorkeuksien tasoittamisesta. Varsinainen vesiensuojelusuunnitelman laatiminen aloitettiin keväällä 1991, jolloin perustettiin Onkamoiden vesiensuojelun suunnitteluryhmä. Ryhmään kuuluivat:

- maaseutuelinkeino- ja ympäristönsuojelusihteeri Teppo Leppänen, Pyhäselän kunta
- rakennusmestari Pentti Kesti, Rääkkylän kunta
- kunnaninsinööri Seppo Siponen, Tohmajärven kunta
- esimies Osmo Pirinen, Onkamo-Sintsin kalastuskunta
- kalatalousneuvoja Vesa Behm, Pohjois-Karjalan Maaseutukeskus
- metsänhoitaja Pentti Erjala, Pohjois-Karjalan metsälautakunta
- toiminnanjohtaja Vilho Pasanen, Maataloustuottajain Pohjois-Karjalan Liitto
- kalastusbiologi Veli-Matti Kaijomaa, Pohjois-Karjalan kalastuspiiri
- diplomi-insinööri Jukka Savolainen, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri
- diplomi-insinööri Jukka Höytämö, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri
- limnologi Paula Mononen, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri

Suunnittelutyöryhmän puheenjohtajana toimi Jukka Savolainen ja sihteerinä Paula Mononen. Työryhmä kokoontui 4 kertaa.

Ensimmäisenä työnään suunnitteluryhmä laati Vänskän (1991) maankäyttö- ja hajakuormitus selvityksen perusteella Onkamoiden alueelle vesiensuojeluohjeet (Onkamot 1991), jotka jaettiin valuma-alueen kaikkiin talouksiin syyskuussa 1991. Vesiensuojelun suunnittelun pohjaksi Onkamoilla tehtiin vuoden 1991 aikana Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiriin toimeksiannosta pohjakerrostumatutkimus (Ollikainen 1992), sekä selvitettiin opinnäytetöinä Onkamoiden hydrologiaa (Naumanen 1992), kasviplanktonin lajistoa ja biomassaa (Kansonen 1992) ja pohjaeläimistöä (Liljaniemi 1992). Maatalouden aiheuttamaa vesistökuormitusta selvitti Iivanainen (1992) ja rantarakentamista Jaakkonen (1992). Lisäksi vesi- ja ympäristöpiirissä tehtiin vedenlaatu- ja kuormitus selvityksiä sekä tutkittiin mahdollisuuksia Onkamon vedenkorkeuden tasoittamiseksi.

Vesiensuojelun suunnittelun eri osahankkeet on toteutettu Onkamoiden alueen kuntien - Pyhäselän, Rääkkylän ja Tohmajärven - sekä vesi- ja ympäristöhallinnon rahoituksella ja osittain vesi- ja ympäristöpiiriin virkatyönä.

Onkamoiden valuma-alueen käyttömuototietojen hankinnassa yhteistyötahoina ovat olleet alueen kuntien maataloussihteerit, Pohjois-Karjalan metsälautakunta, Tehdaspuu Oy:n Joensuun aluekonttori, Vapo OY:n Joensuun toimisto sekä Pohjois-Karjalan lääninhallituksen asunto- ja kaavoitustoimisto. Kalaston nykytilaa ja vuoden 1991 kalansaalista koskevat tiedot on saatu Onkamo-Sintsin kalastuskunnasta.

Tässä suunnitelmassa on koottu yhteen Onkamoiden vesiensuojelun suunnittelua varten tehdyt selvitykset, kuvattu Onkamoiden tilaa, rantarakentamista, kuormittavia tekijöitä ja ravinnekuormitusta vuonna 1991, esitetty tavoitteet kuormituksen vähentämiseksi sekä keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi.

Suunnitelman rantarakentamista koskevat osat (luvut 4.5 ja 9.3) on kirjoittanut vanhempi rakennusmestari Esko Niemeläinen ja vedenkorkeuksien tasoittamista käsittelevän osan (luku 7) diplomi-insinööri Jukka Höytämö, molemmat Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiristä. Muilta osin raportin on laatinut työryhmän sihteeri limnologi Paula Mononen.

2 SUUNNITTELUALUE

2.1 Onkamot ja niiden valuma-alue

2.1.1 Hydrologisia tietoja suunnittelualueesta

Pohjois-Karjalassa sijaitseva Onkamojärvien vesistöalue (4.37) kuuluu Vuoksen vesistön Oriveden-Pyhäselän alueeseen (4.3). Se on pinta-alaltaan 279 km² ja sijaitsee Pyhäselän, Rääkkylän, Tohmajärven ja Kiihtelysvaaran kuntien alueella (kuva 1). Onkamoiden lähivaluma-alueen ala (Pieni-Onkamon luusuassa, osa-alueet 4.371 ja 4.372) on 124 km². Onkamoiden kokonaispinta-ala on 45 km², mikä jakautuu kolmeen erilliseen vesialueeseen, Pieni-Onkamoon, Suuri-Onkamoon ja Hasonselkään (taulukko 1). Hasonselkä on yhteydessä Suuri-Onkamoon kapean salmen kautta.

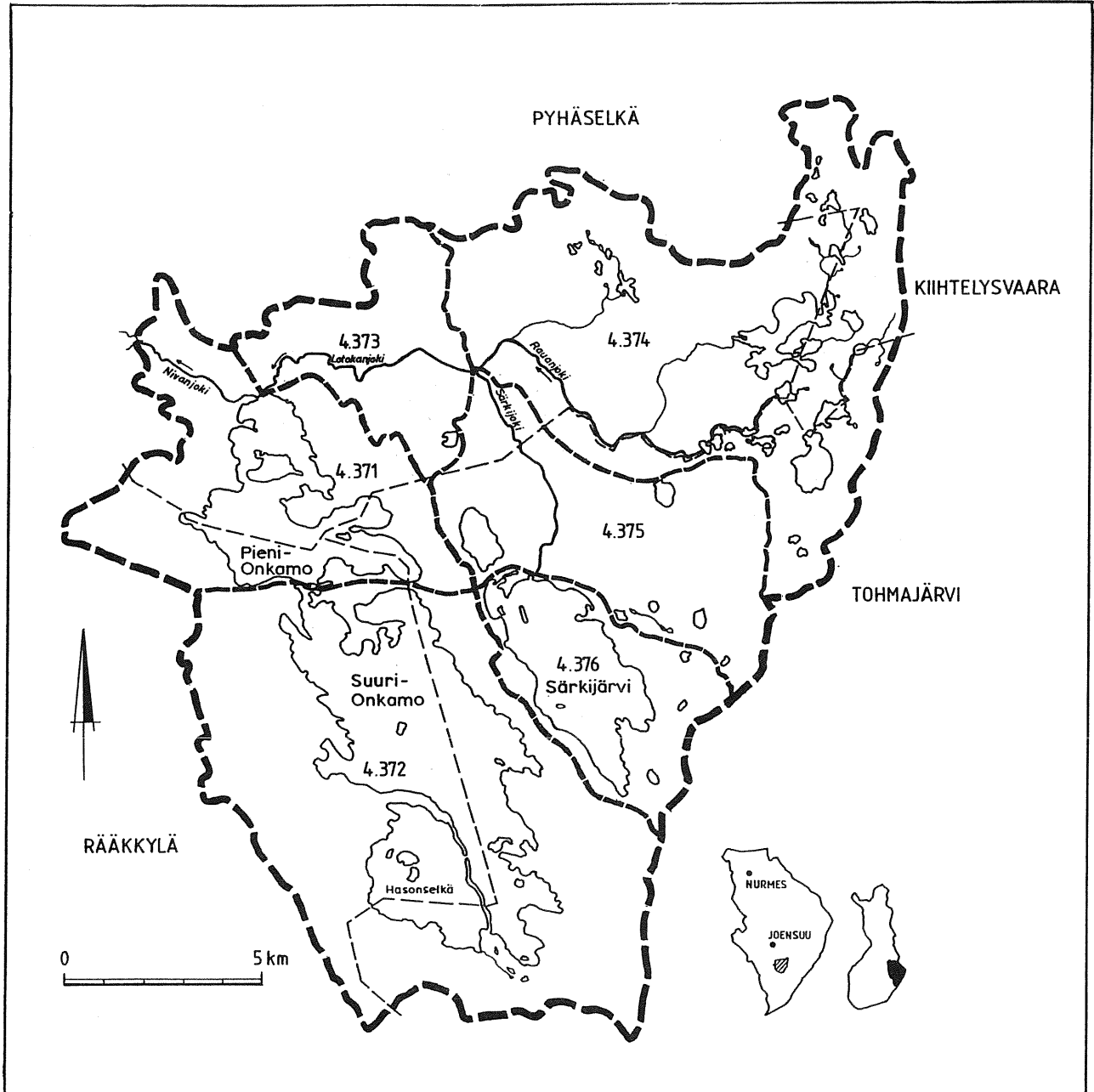
Taulukko 1. Hydrologisia tietoja Onkamoista. A = pinta-ala, z = keskisyvyys, V = tilavuus, z_{max} = maksimisyvyys, MQ = keskivirtaama.

	A ha	z m	V milj.m ³	z _{max} m	MQ m ³ /s
Pieni-Onkamo	1268	2,2	28,5	7,4	2,7 ¹⁾
Suuri-Onkamo	2526	4,3	107,8	13,0	0,9
Hasonselkä	701	3,0	21,0	13,0	0,6
Yhteensä	4495		157,3		

¹⁾ Nivanjoen virtaama

Pieni-Onkamoon, lähelle järvestä lähtevää Nivanjokea, laskee Lotokanjoki. Sen valuma-alueen ala (osa-alueet 4.373 - 4.376) on yhteensä 150 km². Lotokanjoen vedet purkautuvat alivirtaamakausina suoraan Nivanjokeen ja vain tulva-aikoina osaksi myös Pieni-Onkamoon. Onkamot laskevat Nivanjokea pitkin Pyhäselkään.

Onkamot ovat matalia. Keskisyvyys eri altaissa on 2,2 – 4,3 m. Yli 80 % Suuri-Onkamon (ml. Hasonselkä) pinta-alasta muodostuu 0 – 6 metrin syvyysvyöhykkeestä. Suuri-Onkamon tilavuudesta ko. syvyysvyöhyke kattaa noin 90 %. Vastaavasti Pieni-Onkamossa yli 70 % pinta-alasta ja noin 80 % tilavuudesta muodostuu 0 – 3 metrin vyöhykkeestä (liite 1). Onkamoiden vedenkorkeutta on laskettu 1930-luvun puolivälissä noin metrillä (ks. kohta 2.2). Vesi vaihtuu erityisesti Suuri-Onkamossa hitaasti; teoreettiseksi viipymäksi on laskettu 1660 vrk eli noin 4,5 v.



Kuva 1. Onkamot valuma-alueineen.

Onkamot sijaitsevat noin metrin korkeammalla kuin Pyhäselkä (osa Suur-Saimaata), ja niiden vedenkorkeus riippuu Pyhäselän vedenkorkeudesta. Onkamoiden ja Suur-Saimaan vedenkorkeuksien erotuksen ollessa pieni, ts. tilanteissa, joissa Suur-Saimaan vesi on korkealla, alapuolinen vesi padottaa. Vedenkorkeuksien erotuksen ollessa suuri

(yli 70–80 cm) padottava vaikutus on vähäinen. Vedenkorkeudet on arvioitu vuosina 1978 – 1991 tehtyjen havaintojen perusteella seuraaviksi:

keskivedenkorkeus (MW)	$N_{60} + 77,05 \text{ m}$
ylivesi (HW)	$N_{60} + 77,50 \text{ m}$
alivesi (NW)	$N_{60} + 76,67 \text{ m}$

2.1.2 Kallio- ja maaperä

Vänskä (1991) on koonnut tiedot Onkamoiden valuma-alueen kallio- ja maaperästä Suomen geologisista kallio- ja maaperäkartoista (mm. Frosterus ja Wilkman 1917, 1920; Nykänen 1968, 1971 a, b).

Onkamoiden valuma-alueen kallioperä kuuluu karjalaiseen liuskejaksoon, jolle tyyppilliset kiilleliuske ja fylliitti ovat vallitsevina valuma-alueen etelä- ja itäosissa. Fylliitti on kiilleliuskeen hienorakenteinen tyyppi, ja ne molemmat kuuluvat metamorfisiin kivilajeihin eli ne ovat kiteytyneet Karjalaisen vuorijonon poimuttuessa.

Valuma-alueen itäosissa kiilleliuske- ja fylliittiesiintymien lisäksi on havaittavissa pieniä esiintymiä dolomiittista kalkkikiveä, pystyliuskeista metadiabaasia sekä arkosiittia, grauvakkaa ja mustaliusketta. Valuma-alueen pohjois- ja länsiosissa on kiilleliusketta ja pieniä graniitti- ja gneissijuovia, luoteisosassa Rekivaaran alueella on suuri esiintymä meta-arkoosia.

Valuma-alueen maaperä muodostuu pääasiassa moreenista, joka esiintyy usein selänteinä ja kumpuina. Pieni-Onkamon pohjoisosissa esiintyy savea, hiesua, turvetta ja liejua sekä länsipuolella luode-kaakko-suuntaisia drumliineja, jotka ovat pohjamoorenin paksunnoksia.

Onkamoiden valuma-alueella on useita arvokkaita harjua (Lyytikäinen ja Konturi 1980). Vinskan, Miilun, Pahkamäen ja Onkamon alueen harjumuodostuma on geologisesti arvokas toisen Salpausselän reunamuodostuma. Se rajoittuu lännessä Suuri-Onkamoon ja idässä laajaan suoalueeseen. Miilunvaaran harjuaueille ovat tyypillisiä korkeat kumpuilevat selänteet. Kannaksen, Tikkanen ja Hernevaran alueilla sijaitsee useita kapeita ja pitkiä harjuja.

2.1.3 Valuma-alueen maankäyttö

Onkamoiden vesistöalueen maa-alasta on suota noin 16 % ja metsää 73 %. Avosoita on yhteensä 3,9 km² (Ympäristötietokeskuksen maankäyttötulkinnat, 1991). Vesialueet muodostavat 22 % valuma-alueesta. Taulukossa 2 on esitetty pelto-, suo-, metsä- ja järvipinta-alat Onkamoiden vesistöalueen eri osa-alueilla.

Taulukko 2. Maankäyttö Onkamoiden vesistöalueella (Vänskan 1991 mukaan).

	Pelto km ²	%	Suo km ²	%	Metsä km ²	%	Järvi km ²	%	Yht. km ² maa-ala km ²
Pieni-Onkamo 4.371	5,09	19,3	3,24	12,3	17,98	68,4	12,60	32,4	38,9 26,3
Suuri-Onkamo 4.372	7,92	13,6	10,36	17,6	39,43	68,0	32,10	35,6	90,1 58,0
	Turvetuotanto 0,3	0,5							
Lotokanjoki 4.373	4,65	24,1	2,56	13,3	12,09	62,9	0,17	0,9	19,5 19,3
Rauanjoki 4.374	6,60	9,5	12,08	17,4	46,95	67,7	5,04	6,8	74,3 69,3
	Turvetuotanto 3,7	5,3							
Särkijoki 4.375	6,55	19,9	6,91	21,0	19,38	59,0	1,52	4,4	34,4 32,8
Särkijärvi 4.376	1,88	17,4	0,11	1,0	8,79	81,5	10,83	50,1	21,6 10,8
Yhteensä	32,7	15,1	35,3	16,3	144,5	66,7	62,3	22,3	278,8 216,5
	Turvetuotanto 4,0	1,8							

2.2 Vedenpinnan lasku

Onkamoiden vedenpintaa on laskettu vuosina 1933–37 noin metri. Hankkeen tavoitteena oli kuivattaa järven rantamaita viljelykäyttöön Nivankoskea perkaamalla (Karjalan maanviljelysinsinööripiiri 1927). Samassa yhteydessä perattiin myös Lotokanjokea, Särkijokea, Kostamolamminojaa, Elinjokea ja Rauanjokea. Hankkeen toteutti Karjalan maanviljelysinsinööripiiri. Vedenpinnan laskusta suoraan riippuvaista hyötymaata oli 776 ha. Niittymaita oli 1355 ja suota 2132 ha, joista Onkamoiden rantamaita 308 ha niittyä ja 492 ha suota (Vänskä 1991).

2.3 Kalasto ja kalastus

Onkamot ovat olleet kautta aikojen Pohjois-Karjalan tuottoisimpia kalavesiä. Suuri-Onkamo oli kruunun verotuskohde jo 1500-luvulla (Karhapää 1982). Vielä 1950-luvulla Onkamoilla kalasti lähes 20 ammattikalastajaa. Nykyisin alueella on noin 500 kotitarvekalastajaa ja muutama ammattikalastaja. Perinteinen pyyntimuoto on verkko-kalastus. Talviaikaan harjoitetaan ammattimaista nuottapyyntiä. Ammattimaisen pyynnin tärkein kalalaji on muikku, jonka osuus kokonaissaaliista on ollut jopa puolet. Onkamoista saadaan edelleen poikkeuksellisen suuria kalansaaliita, jopa 20 kg/ha. Muissa Pohjois-Karjalan vesistöissä hehtaarisaalet ovat olleet 1980-luvun alkupuolella keskimäärin 8 – 9 kg/ha (Kaijomaa ym. 1984, Kaijomaa ym. 1985).

Onkamoiden kalastoa ja kalastusta ovat selvittäneet 1970– ja 1980-lukujen vaihteessa Kankkunen ja Karhapää (1981), Karhapää (1982) sekä Turunen (1984). Vuonna 1980 suoritettun koekalastussarjan mukaan Onkamoiden kalastoon kuuluvat muikku (*Coregonus albula*), hauki (*Esox lucius*), särki (*Rutilus rutilus*), salakka (*Alburnus alburnus*), lahna (*Abramis brama*), pasuri (*Blicca bjoerkna*), ruutana (*Carassius carassius*), made (*Lota lota*), ahven (*Perca fluviatilis*), kiiski (*Acerina ceruna*) sekä kirjolohi (*Salmo gairdneri*), jota on karannut Suuri-Onkamon rannalla sijainneesta kalanviljelylaitoksesta (Turunen 1984).

Vuonna 1980 tehdyn koekalastuksen perusteella särki oli Onkamoissa ylivoimaisesti runsain kalalaji (n. 64 %). Toiseksi eniten oli ahventa, jonka osuus saaliista oli noin neljännes. Muita lajeja esiintyi edellä mainittuja selvästi vähemmän (Kankkunen ja Karhapää 1981). Koekalastusten, kirjanpitokalastusten, kalastustiedustelun sekä pau-netti- ja nuottasaaliiden tulosten mukaan (Kankkunen ja Karhapää 1981) Suuri-Onkamon kaksi yleisintä kalalajia olivat 1980-luvun alkupuolella muikku ja särki. Seuraavina olivat ahven, kiiski, salakka ja hauki.

Kankkunen ja Karhapään (1981) sekä Karhapään (1982) tutkimusten mukaan vuosina 1979 – 1981 Onkamoista saatu kokonaissaalis oli vuosittain noin 100 000 kg, josta muikun osuus oli runsas kolmannes.

Vuonna 1980 Onkamoilla on kokeiltu myös vähäarvoisten kalojen nuottausta ja pau-nettipyyntiä (Kankkunen ja Karhapää 1981). Kalansaalis oli tuolloin yhteensä 20 500 kg. Vallitsevina kalalajeina saaliissa olivat särki, ahven ja salakka.

Turunen (1984) mukaan kalaston rakennetta tarkasteltaessa voidaan todeta Onkamoiden lievä rehevöityminen. Särkikalajien osuus lisääntyy rehevöitymisen seurauksena. Myös kiiskikanta voimistuu yleensä rehevöitymisen johdosta. Rehevöitymisestä kärsiviä lajeja ovat puolestaan siika, muikku ja made.

Vuonna 1991 Onkamoista pyydetty kalansaalis oli Onkamo-Sintsin kalastuskunnasta saadun tiedon mukaan noin 92 000 kg. Eniten kalastettiin muikkua, noin 70 000 kg. Ns. vähäarvoista kalaa, mm. särkeä, ahventa ja salakkaa pyydettiin 12 000 kg. Hauen saalis oli noin 4500 kg ja lahnan 3500 kg.

3 ERILLISSELVITYKSET

3.1 Kuormitusselvitykset ja fosforitase

3.1.1 Hajakuormituslaskelmat

Suunnitelman hajakuormitusarviot perustuvat Suomessa tehtyjen tutkimusten tuloksiin (mm. Kauppi 1979, Rekolainen 1989, Rekolainen ym. 1992, Viitasaari 1990, Ahtiainen 1990, Lakso ja Viitasaari 1990, Saura 1990, Sallantaus 1983, Helin 1982, Järvinen ja Vänni 1992). Laskelmien yksityiskohdat on esitetty kunkin kuormittavan tekijän yhteydessä kohdassa 4.

3.1.2 Fosforitase

Onkamoiden vesitaseen on määrittänyt Naumanen (1992). Vesitaseen pohjalta laskettiin fosforitase seuraavan yhtälön avulla (vrt. mm. Lappalainen ja Varis 1987, Lappalainen ja Matinvesi 1990):

$$UK + SK = LP + BS + dP/dt, \text{ jossa}$$

UK = ulkoinen kuormitus (sisältää myös luonnonhuuhtouman)

SK = sisäinen kuormitus

LP = luusuasta ja kalansaaliissa ym. poistuva fosforivirtaama

BS = bruttosedimentaatio kiintoaineen mukana pohjalle

dP/dt = vesimassan fosforivaraston muutosnopeus

Lähivaluma-alueelta tuleva fosforikuormitus (UK) laskettiin alueelta virtaavien purojen vuoden 1991 vedenlaatutietojen sekä vesitaseesta arvioitujen valuntatietojen perusteella. Vedenlaatusurannassa vuonna 1991 olleiden purojen valuma-alue käsitti noin puolet lähivaluma-alueen alasta.

Lotokanjoen kautta Pieni-Onkamoon tuleva (UK) samoin kuin Nivanjoen kautta Onkamoista poistuva (LP) fosforin ainevirtaama määritettiin niin ikään vesitaseen ja vedenlaatutulosten perusteella.

Ilman kautta märkälasseumana suoraan Onkamoihin tuleva kokonaisfosforikuorma (UK) laskettiin Jänisjoen Ruskeakosken vuoden 1991 aluesadanta-arvojen sekä vesi- ja ympäristöhallinnon Punkaharjun sadeaseman sadeveden laatutietojen (Järvinen ja Vänni 1992) pohjalta.

Tiedot kalansaaliista (LP) vuonna 1991 saatiin Onkamo-Sintsin kalastuskunnasta. Saaliin mukana poistuvaa fosforimäärää arvioitaessa oletettiin, että kaloissa on fosforia 0,5 % tuorepainosta (esim. Lappalainen ja Matinvesi 1990).

Bruttosedimentaatiota (BS) mitattiin sedimentaatiiosylintereillä vuoden 1991 aikana (menetelmä ks. mm. Salo 1992). Mittausjaksoja oli talvella kaksi, kesällä kuusi ja syksyllä kolme. Keräimiin laskeutuneesta hiukkasmateriaalista määritettiin standardimenetelmin kuiva-aineen ja kokonaisfosforin määrät, jotka sitten laskettiin pinta-ala- ja aikayksikköä kohden (esim. fosfori $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Bruttosedimentaatioarvoja korjattiin Håkansonin ja Janssonin (1983, ref. Salo 1992) esittämällä tavalla vähentämällä laskelmista nk. eroosio- ja kulkeutumispohjien alueet, joilla lopullista sedimentaatiota ei oletettavasti tapahdu.

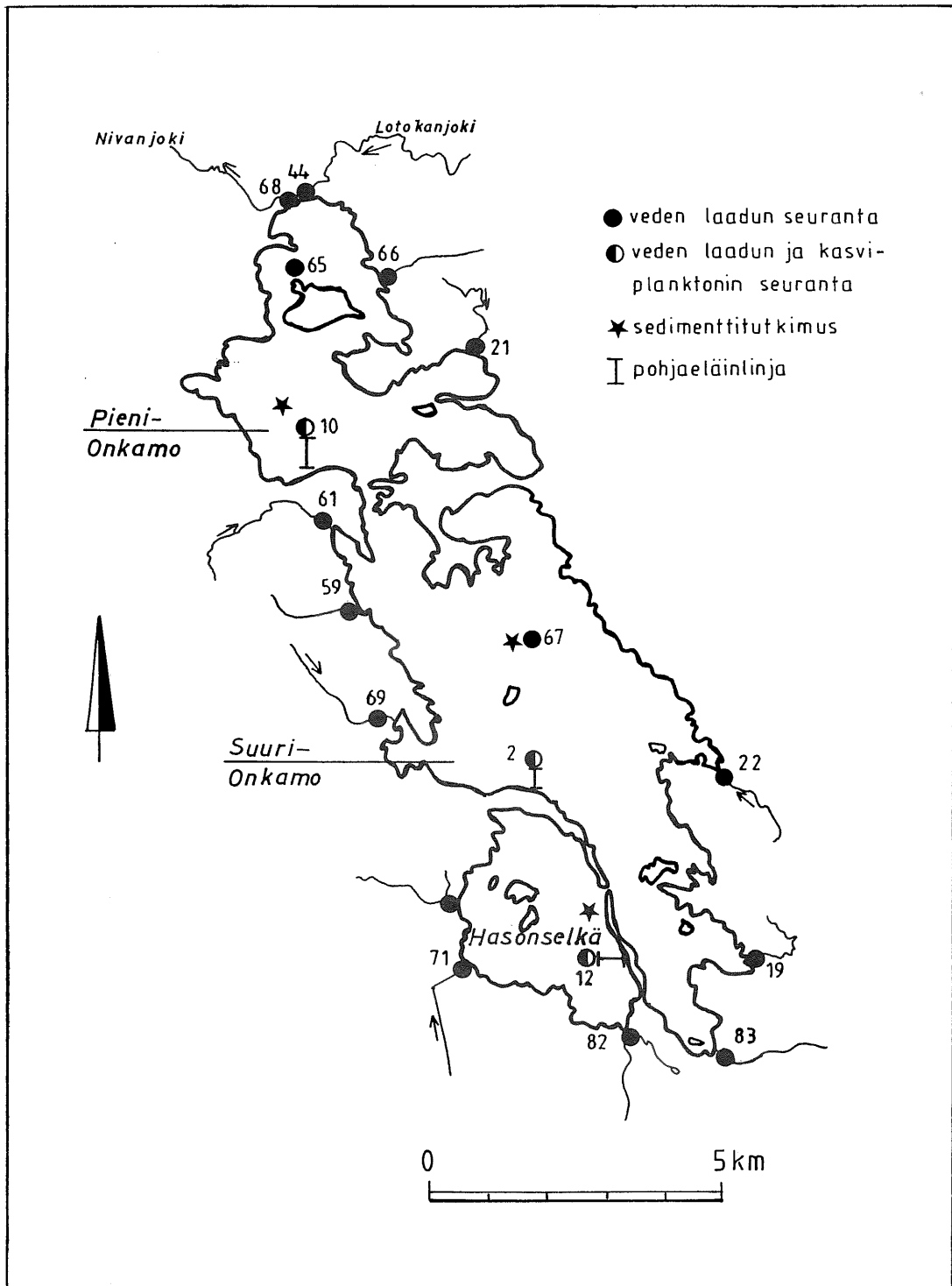
Pohjasedimentistä veteen kohdistuva sisäinen kuormitus (SK) laskettiin fosforitaseesta tunnettujen osien jäännöksenä (vrt. Lappalainen ja Matinvesi 1990).

3.2 Vedenlaatu- ja kasviplanktontutkimukset

Onkamoiden veden laatua on seurattu Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin (ja sen edeltäjien) toimesta 1960-luvulta lähtien melko harvavälisesti. Näytteenottoa on

tehostettu 1980-luvun loppupuolelta lähtien järvestä esiintyneiden rehevöitymisen-
gelmien, mm. levähaittojen vuoksi. Tässä raportissa on esitetty lähinnä vuosien 1989-
1992 tutkimustuloksia.

Onkamoiden sekä Lotokan- ja Nivanjoen veden laatua seurattiin vuonna 1991 tihe-
netysti (kuva 2). Vesinäytteitä otettiin talvella noin kerran kuukaudessa sekä keväällä,
kesällä ja syksyllä noin kaksi kertaa kuukaudessa. Onkamoihin laskevista suurimmista
puroista veden laadun havainnointia tehtiin 3 - 13 kertaa vuoden 1991 aikana. Näyt-
teenoton yhteydessä puroasemilta mitattiin tai arvioitiin myös virtaama.



Kuva 2. Havaintosemat Onkamoissa vuonna 1991.

Järviasemia oli kolme: Suuri-Onkamo 2 (kok. syvyys 13 m), Suuri-Onkamo 12, Hasonselkä (kok. syvyys 13 m) ja Pieni-Onkamo 10 (kok. syvyys n. 8 m). Tarpeen mukaan näytteitä on otettu myös muilta Onkamoiden asemilta. Järviasemilla näytteenotto-syvyys oli pääsääntöisesti kolme: 1 metri pinnasta, vesipatsaan keskisyvyys sekä metri pohjan yläpuolelta. Lisäksi otettiin kokoomanäytteet (0 – 2 m) kasviplanktonitutkimusta varten (vrt. Kansonen 1992). Puroasemilla vesinäytteet otettiin 0,1 – 0,2 metrin syvyydestä.

Vesinäytteistä määritettiin Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin laboratoriossa standardimenetelmillä happi, pH, sähkönjohtavuus, väriluku, sameus, kemiallinen hapen tarve, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori sekä 0 – 2 metrin kokoomanäytteistä a-klorofyllipitoisuus. Puro- ja jokiasemilta sekä järviasemilta 1 metrin syvyydestä otetuista näytteistä tutkittiin myös mineralisoituneiden ravinteiden määriä: nitraatti- ja nitriittityypen pitoisuuksia (summana $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 - \text{N}$) sekä fosfaattifosforin ja liukoisen fosfaattifosforin pitoisuuksia ($\text{PO}_4 - \text{P}$, suodatettu Gelman-suotimella, huokoskoko 0,45 μm).

Kasviplanktonnäytteiden käsittelyn yksityiskohdat on esitetty Onkamoiden kasviplanktonlajistoa ja biomassaa käsittelevässä opinnäytetyössä (Kansonen 1992).

3.3 Pohjaeläintutkimus

Onkamoiden nykytilan selvittämiseksi vuonna 1991 on tutkittu myös pohjaeläimistöä. Pohjaeläintutkimuksen on tehnyt Liljaniemi (1992) opinnäytetyönään.

Pohjaeläinnäytteet otettiin Onkamoiden eri osista linjoilta keväällä 22.5. – 23.5.1991 ja syksyllä 10.9. – 12.9.1991 (kuva 2). Pohjaeläinlinjat muodostettiin syvänteestä rantaan, Hasonselällä jonkin verran syväneasemalta 12 pohjoiseen. Molemmilla kerroilla näytteet otettiin linjoilta eri syvyyksistä seuraavasti:

– Pieni-Onkamo 65	3 m
– Pieni-Onkamo 10	3, 5, 7 m
– Suuri-Onkamo 2	3, 5, 7, 9, 13 m
– Suuri-Onkamo ,Hasonselkä	3, 5, 7 m

Näytteiden otossa ja käsittelyssä noudatettiin standardia SFS 5076 (1989). Tulosten käsittelyssä käytettävissä olivat myös Suuri-Onkamosta heinä- ja syyskuussa 1990 otetut pohjaeläinnäytteet. Tutkimuksen yksityiskohdat on esittänyt Liljaniemi (1992) tutkielmassaan.

3.4 Pohjasedimenttitutkimus

Onkamoiden pohjasedimenttitutkimus tehtiin Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin toimeksiannosta Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksessa (Ollikainen 1992). Tutkimuksessa selvitettiin Onkamoiden tilaa ja niiden kehitystä takautuvasti piilevien sekä sedimentistä tehtyjen kemiallisten määritysten avulla.

Sedimenttinäytteet otettiin Kajak–putkinoutimella Pieni– ja Suuri–Onkamosta sekä Hasonselältä kevättalvella 1991 (kuva 2). Sedimenttipatsaat olivat 30 – 40 cm pituisia. Ne jaettiin 1 cm:n paksuisiin viipaleisiin piilevä– ja sedimentin kemiallisia määrittäyksiä varten. Tutkimuksen yksityiskohdat on esitetty Ollikaisen (1992) raportissa. Aineiston käsittelyssä käytettiin mm. epäsuoraa gradienttianalyysiä, jonka avulla vertailtiin eri havaintoasemien ja syvyyksien lajistollisia yhtäläisyyksiä ja eroja.

Sedimenttinäytteistä määritettiin standardimenetelmin hehkutushäviö (orgaanisen aineksen määrä kuiva–aineesta) sekä kokonaistyyppi– ja kokonaisfosforipitoisuus sekä laskettiin hiili/typpi–suhde.

3.5 Vedenkorkeuksien tasoittaminen

Syksyllä 1990 pidetyssä Onkamon tilaa koskevassa yleisötilaisuudessa esitettiin ajatus Onkamon vedenkorkeuksien tasoittamisesta. Lähinnä oli kyse haitallisiksi koettujen alivesikorkeuksien nostamisesta kiinteällä pohjapadolla.

Onkamon vedenkorkeuden tasoittamismahdollisuuksia tutkittiin vuoden 1992 tulovesimäärillä (tammi–kesäkuu). Lumen vesi-arvo oli 16.4.1992 ko. alueella noin 200 mm, mikä on noin kaksi kertaa keskiarvoa suurempi. Tulvan toistuvuus oli likimäärin suuruusluokkaa 1/10 v.

Onkamon vedenkorkeusvaihtelut laskettiin seuraavissa tilanteissa (N_{60} –taso):

1. nykyinen tila
2. pohjapato, harja +76.80 m, alapuolinen uoma nykyinen
3. pohjapato, harja +76.90 m, alapuolinen uoma nykyinen
4. pohjapato, harja +76.80 m, alapuolinen uoma ruopattu 20 cm
5. pohjapato, harja +76.80 m, Lotokanjoen vedet johdetaan suoraan Nivanjokeen. Uoma on ruopattu siten, että padotus uomassa ei kasva nykyisestä
6. pohjapato, harja +76.90 m, Lotokanjoen vedet johdetaan suoraan Nivanjokeen. Uoma on ruopattu siten, että padotus uomassa ei kasva nykyisestä

Tulosten pohjalta arvioitiin eri vaihtoehtojen vaikutusta Onkamoiden vedenkorkeuksiin erilaisissa hydrologisissa oloissa.

4 VESISTÖN TILAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Pistemäinen jätevesikuormitus

Suuri–Onkamon rannalla sijaitsi v. 1970–1981 kalankasvatuslaitos, jonka tuotanto on ollut noin 50 000 kg/a. Laitoksen fosforikuormitus on ollut suurimmillaan vuonna 1977 4,5 kg/d koko vuotta kohti laskettuna. Keskimääräinen fosforikuorma on ollut

1970-luvulla 600 – 800 kg/a. Laitos lopetti toimintansa useiden vesistön pilaantumista koskevien valitusten seurauksena.

Särkijärven pohjoispäässä sijaitsee kalankasvatuslaitos, Tikkalan Lohi Oy, joka laskee jätevetensä Särkijoen ja Rauanjoen kautta Lotokanjokeen (kuva 3). Laitos on ollut toiminnassa vuodesta 1965, ja Itä-Suomen vesioikeus on antanut jätevesien johtamisesta päätöksen 17.12.1981. Päätöksen mukaan kalojen lisäkasvu saa olla enintään noin 20 500 kg vuodessa ja rehunkulutus korkeintaan 35 000 kg/a kuivarehua. Laitoksen kokonaisfosforikuormitus saa kasvatuskaudella olla korkeintaan keskimäärin 0,8 kg/d ja koko vuotta kohti laskettuna 0,5 kg/d.

Tikkalan Lohi Oy:n kalankasvatuslaitos on maa-allaslaitos. Kasvatusaltaiden yhteis-tilavuus on noin 4000 m³. Altaisiin on rakennettu lietteenpoistokouruja, joista liete poistetaan ruokintakauden aikana vähintään kaksi kertaa viikossa ja imeytetään jyr-sinturpeeseen.

Laitoksen jätevedet ovat kalalaitoksen läpi kulkenutta vettä, johon kalojen ruokinta ja ulosteet aiheuttavat ravinnekuormitusta. Kuormitustarkkailun mukaan lähtevän veden kokonaisfosforipitoisuus on ollut viime vuosina 30 – 60 µg/l ja kokonaistyyppipitoisuus 500 – 900 µg/l. Laskennallinen ravinnekuormitus Särkijokeen on ollut viime vuosina keskimäärin 164 kg fosforia ja 1200 kg typpeä vuodessa.

Velvoitetarkkailun mukaan kalalaitoksen jätevedet kohottavat selvästi Särkijoen ravinnetasoa ja heikentävät happitilannetta. Rauanjoessa muutokset ovat peittyneet valuma-alueelta tulevaan muuhun kuormitukseen. Onkamoiden veden laatuun kalalaitoksen jätevesillä ei ole vaikutusta.

4.2 Hajakuormitus

4.2.1 Yleistä

Hajakuormituksella tarkoitetaan sellaista ihmisen toiminnasta aiheutuvaa kuormitusta, joka tulee vesiin maaperän kautta tai suoraan muuten kuin yhteen purkupaikkaan (Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995). Hajakuormitusta syntyy hyvin erilaisten toimintojen seurauksena. Onkamoiden vesistöalueella tärkeimmät hajakuormituslähteet ovat maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus, turkistarhaus ja turvetuotanto sekä ilman kautta tuleva laskeuma.

Luonnontilaisilta alueilta vesistöihin tulee ravinteita ns. luonnonhuuhtoutumana. Kauppi (1979) on arvioinut metsämaalta tulevaksi luonnonhuuhtoutumaksi 4,6 – 5,6 kg km⁻² a⁻¹ fosforia ja 100 – 200 kg km⁻² a⁻¹ typpeä. Rekolaisen (1989) vuosien 1981 – 1985 tutkimustulosten perusteella luonnontilaisilta metsäalueilta huuhtoutuu fosforia 5,9 – 8,9 kg km⁻² a⁻¹.

Luonnonhuuhtouma ja ihmisen toiminnan aiheuttama hajakuormitus riippuvat vuodenajasta ja sääoloista. Ne ovat suurimmillaan tulva-aikoina. Pistemäinen jätevesikuormitus sen sijaan on yleensä vuotuisesta rytmistä riippumatonta, jolloin se on selvimmän havaittavissa pienten virtaamien aikana, varsinkin keskikesällä.

4.2.2 Maatalous

4.2.2.1 Yleistä

Onkamoiden alueella harjoitetaan perinteistä pohjoiskarjalaista maataloutta, jossa päätuotantosuuntana on maidontuotanto. Valuma-alueella sijaitsee 90 karjataloustilaa, joilla on yhteensä noin 1800 nautaa, 200 sikaa ja 100 kanaa. Aktiivisessa viljelyssä peltoa on 1520 ha (7 % maa-alasta), josta runsas kolmannes sijaitsee järveä ympäröivällä lähivaluma-alueella (kuva 3). Pelloista on salaojitettu 60 % ja avo-ojissa 33 %; 7 % pelloista viljellään ojattomana. Nurmen osuus viljelyssä on suuri.

Onkamoiden lähivaluma-alueella (osa-alueet 4.371 ja 4.372) on 36 maatilaa. Näistä maidon tuotannossa on 27, naudanlihan tuotannossa neljä, viljan tuotannossa kaksi, heinän viljelyssä yksi, ja tuotannon vähennyssopimuksen tehneitä tiloja kaksi (Iivanainen 1992). Vesiensuojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä annetun asetuksen mukaisia ennakoilmoitusvelvollisia karjasuojia lähivaluma-alueella ei ole.

Pelloilta tulee ravinteita vesistöön sekä liuenneina että maahiukkasten mukana. Suuri osa fosforista kulkeutuu pelloilta eroosioaineksen mukana maahiukkasissa. Osa tyypestä sen sijaan huuhtoutuu vesiliukoisena nitraattityyppinä ojavesissä. Kaltevilta rantapelloilta eroosio voi olla suuri, vuosittain jopa useita tonneja hehtaarilta. Hiesu ja savi ovat maalajeista eroosioherkimmät (vrt. Rekolainen 1992).

Leville ja muulle vesikasvillisuudelle suoraan käyttökelpoista liukoista fosforia (ortofosfaattia) vesistöihin huuhtoutuu maatalouden pistemäisistä lähteistä, kuten lantaloista sekä mm. nurmien pinalannoituksesta (vrt. Rekolainen ym. 1992).

Vesiensuojelun kannalta karjatalouden suurimmat ongelmat ovat liian pienet ja/tai vuotavat lantalat, lannan talvilevitys, virtsan puutteellinen talteenotto ja maastoon valuva säilörehun puristeneste. Lannan talvilevityksessä menetetään suuri osa ravinteista. Myös syksyisin kynnön alle levitetyn lannan ravinteista huomattava osa menee hukkaan (mm. Kemppainen 1992, Niinioja 1992). Vuotava lantala tai puristenesteen valuminen maahan pilaa vähitellen pohjavettä. Myös vesistöön joutuessaan virtsa ja puristeneste aiheuttavat veden nopeaa pilaantumista.

Seuraavassa on tarkasteltu yksityiskohtaisesti maatalouden kuormittavaa vaikutusta Onkamoiden lähivaluma-alueella Iivanaisen (1992) selvityksen pohjalta.

4.2.2.2 Peltoviljely

Pohjois-Karjalan maaseutukeskuksen alueella valtamaalaji muokkauskerroksessa on hiesu (Kähäri 1992). Pyhäselän, Tohmajärven ja Rääkkylän alueilla sen sijaan peltojen muokkauskerroksen ja pohjamaan maalaji on pääsääntöisesti karkeaa tai hienoa hietaa (Kähäri 1992), joiden eroosioherkkyys hiesuun ja saveen verrattuna on pieni (vrt. Rekolainen 1992). Herkästi erodoituvien maalajien osuus on suunnittelualueella näin ollen melko pieni.

Onkamoiden lähivaluma-alueen maasto on paikoin alavaa (Iivanainen 1992). Pelloista noin 78 % sijaitsee lähivaluma-alueen etelä-, länsi- ja pohjoisosassa, jossa peltojen keskikaltevuus on noin 0,2 – 0,3 %. Lähivaluma-alueen itäosissa Tohmajärvellä pelloista on 22 %. Tällä alueella peltojen keskikaltevuus on hieman suurempi, noin 2 %.

Rekolaisen (1992) tukimusten mukaan hietamailla tapahtuu eroosiota, kun pellon kaltevuus ylittää 2 %.

Maalajin ja maaston alavuuden huomioon ottaen Iivanainen (1992) on arvioinut eroosion kautta kiintoaineen mukana huuhtoutuvan fosforin määrän Onkamoiden lähivaluma-alueella melko vähäiseksi. Alueella on vähän rantaan rajoittuvia peltoja. Lisäksi pelloilla viljellään nykyisen kesannointivelvoitteen vuoksi pääasiassa nurmea, joka vähentää eroosiota.

Onkamoiden lähivaluma-alueen pelloista oli vuonna 1992 nurmiviljelyssä 65 %, viljanviljelyssä 24 %, viherkesantona 9 % ja avokesantona 2 % (taulukko 3). Koska alueen tuotantosuunta on maidontuotanto, nykyisen kesannointivelvoitteen vuoksi nurmen viljelyala on kasvanut. Kun viherkesannon ala otetaan huomioon, ympäri-vuotisen kasvillisuuden peitossa on 74 % pelloista.

Taulukko 3. Pellon käyttö Onkamoiden lähivaluma-alueella (Iivanainen 1992).

		Pyhäselkä	Tohmajärvi	Rääkkylä	Yhteensä
Viher- kesanto	ha	32	12	12	56
	%	5	2	2	9
Avo- kesanto	ha	2	1	10	13
	%	0,3	0,2	1	2
Vilja	ha	48	27	75	150
	%	8	4	12	24
Nurmi	ha	105	99	205	409
	%	17	15	33	65
Yhteensä peltoa	ha	187	139	302	628
	%	30	22	48	100

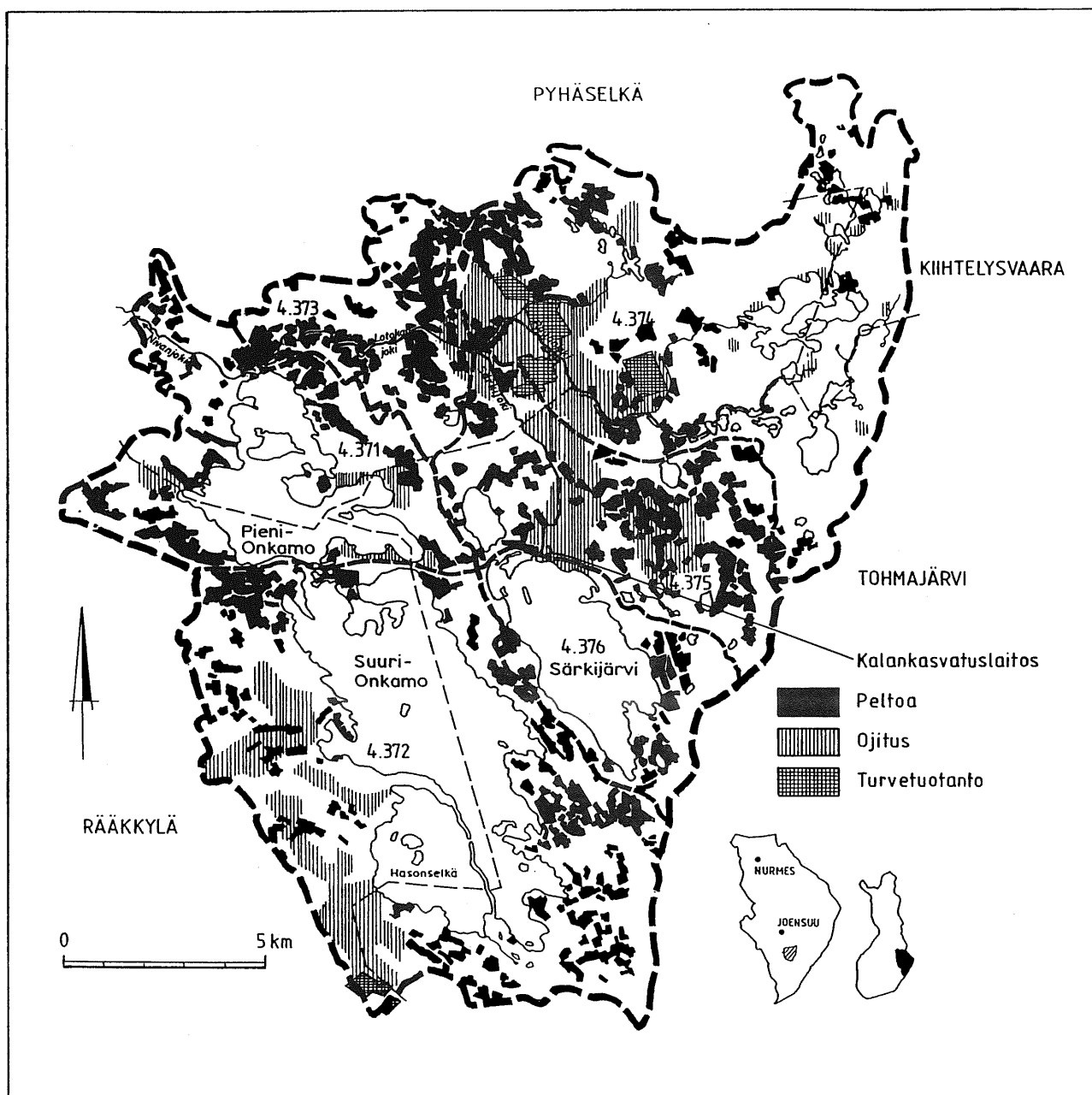
Pohjois-Karjalan maaseutukeskuksen alueella pelloilla käytettiin lannoitevuonna 1990–1991 pääravinteita 207 kg/ha. Tämä on jonkin verran enemmän kuin keskimäärin koko maassa, jossa arvo oli 187 kg/ha. Eri ravinteiden osuus oli seuraava:

	typpi	fosfori	kalium	yhteensä kg/ha
Pohjois-Karjala	120	28	59	207
Suomi	109	26	52	187

Pohjois-Karjalan muuta Suomea korkeammat lannoitteiden määrät johtuvat Iivanaisen (1992) mukaan ilmeisesti nurmiviljelyn suuresta osuudesta.

Viljavuustutkimusten mukaan Rääkkylässä, Tohmajärvellä ja Pyhäselässä peltomaan keskimääräinen fosforipitoisuus on 11,7 mg/l (Kähäri 1992). Arvo on viljavuusluokituksen mukaan välttävän ja tyydyttävän rajalla. Nykyisten lannoitus-suositusten mukaan

tavoite karkeilla kivennäismailla on 20 – 40 mg/l. Lannoitussuosittelun mukainen lannoitustaso fosforipitoisuudeltaan välttäville alueilla on nurmelle 20 ja viljalle 44 kg fosforia hehtaarille. Viljasato ottaa maasta fosforia keskimäärin 15 kg/ha, nurmi 20 – 25 kg/ha ja peruna 20 kg/ha. Peltoon lisätään näin ollen enemmän fosforia kuin sieltä poistuu. On arvioitu, että fosforia on viime vuosina kertynyt maahan jopa 25 kg/ha vuodessa (Rekolainen ym. 1992).



Kuva 3. Pellot, metsäojitukset ja turvetuotantoalueet Onkamoiden vesistöalueella.

Viljelykasvit käyttävät annetusta lannoitetyypestä 40 – 80 %. Typen huuhtoutuminen lisääntyy voimakkaasti, jos lannoitus on suurempi kuin kasvin tarve. Huuhtoutumisriski kasvaa merkittävästi typpilannoitustason noustessa yli 100 kg/ha (Rekolainen ym. 1992). Huuhtoutuminen voimistuu sadonkorjuun jälkeen, jolloin valumavesi alkaa kuljettaa maahan jäänyttä, vielä syksyllä mineralisoituvaa typpeä maassa alaspäin.

Peltoviljelyn vesistöihin aiheuttamaksi ravinnekuormitukseksi Suomessa on arvioitu vuosien 1981–1985 selvitysten perusteella $90 - 180 \text{ kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ fosforia ja $760 - 2000 \text{ kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}$ typpeä (Rekolainen 1989). Arvot sisältävät myös karjanlannan levityksestä tulevan ravinnelisan. Onkamoiden vesistöalueella peltoviljelyn aiheuttamaksi kuormitukseksi saadaan tällöin $1370 - 2740 \text{ kg fosforia ja } 11\,600 - 30\,400 \text{ kg typpeä}$ vuodessa. Vastaavasti lähivaluma-alueen pelloilta Onkamoihin kohdistuvaksi kuormitukseksi voidaan arvioida keskimäärin $740 \text{ kg fosforia ja } 10\,000 \text{ kg typpeä}$ vuodessa.

Maatalouden fosforikuormituksesta noin 25 % on arvioitu olevan liukoisessa, leville käyttökelpoisessa muodossa (Pietiläinen ja Rekolainen 1991). Onkamoiden lähivaluma-alueella liukoisen fosforin osuus on em. perusteella arviolta 230 kg/a . Nurmien pintalannoitus lisää liukoisen fosforin huuhtoutumista. Nurmelta tulleissa pintavesissä liukoisen fosforin osuus voi olla kaksinkertainen ohraan verrattuna (Turtola ja Jaakkola 1985). Korkeita fosfaattipitoisuuksia on mitattu erityisesti kesäisin, jolloin pitoisuudet kasvavat sadekuurojen jälkeen maan pinnalla virtaavan veden liuottaessa fosforia pintaan levitetyistä lannoiterakeista (Rekolainen ym. 1992). Toisaalta tiheäjuurisina ja koko kasvukauden ravinteita käyttävinä nurmikasvit hyödyntävät maan ravinnevaroja tehokkaasti. Pintahuuhtoumien vähentämiseksi mahdollisimman suuri osa lannoitteesta tulisi antaa nurmen perustamisvaiheessa.

Onkamoiden alueen peltojen keskimääräinen pH on 5,77. Koko maassa pH-arvo on keskimäärin 5,7 (Kähäri 1992). Suositus on pH 6 – 7. Vaikka Onkamoiden alueen pelloilla on ilmeinen kalkitsemistarve, kalkin käyttö on vähentynyt vuonna 1991 voimakkaasti. Kalkitus parantaa kasvuoloja, minkä seurauksena kasvien fosforinotto tehostuu (Sippola ja Saarela 1992). Tällöin lannoitustarve vähenee ja siten myös ravinteiden huuhtoutuminen pienenee.

4.2.2.3 Kotieläintalous

Lähivaluma-alueella sijaitsevilla 31 karjatilalla on nautaeläimiä yhteensä 424 nautayksikköä (Iivanainen 1992). Yli 20 nautayksikön tiloja on kuusi, ja keskimäärin nautakarjatilalla on noin 14 nautayksikköä tilaa kohden.

Suurimmalla osalla (77 %) tiloista on kuivalantala. Käytettävissä olevat tiedot mm. lantaloiden koosta ja virtsan erotuksesta ovat osittain puutteelliset, joten lantaloiden suoria päästöjä on erittäin vaikea arvioida. Useat alueen lantaloista ovat maapohjallisia ja/tai kattamattomia. Yleensä lantalat ovat 12 kk:n varastointiin liian pienet, joten lantaa joudutaan varastoimaan talvella pattereissa pellolla.

Lietelantaloita Onkamoiden lähivaluma-alueella on seitsemän. Yhteensä lietettä kertyy noin 3500 m^3 vuodessa (145 ny). Lantavarastojen pienuuden sekä nurmialan suuren osuuden vuoksi lietelantaa joudutaan levittämään syksyllä pelloille lähes kaikilla tiloilla.

Kesannointivelvoite on aiheuttanut ongelmia lannan levityksessä. Nykyisten määräysten mukaan kesannointivelvoitetta ei ole, kun tilan peltoalasta viljellään vähintään 80 % nurmea. Onkamoiden alueella suurimmalla osalla nautakarjatilasta nurmen osuus onkin vähintään 80 %. Perinteisesti lanta on käytetty vilja-aloille lannoitteeksi. Suurien nurmialojen vuoksi lannan levitykseen ei nykyisessä tilanteessa riitä kuitenkaan peltoalaa, ja lantaa on levitettävä myös nurmille. Tämä aiheuttaa maitotiloilla hygieenisen riskin. Lisäksi se merkitsee nurmien kierron nopeuttamista ja lannan

levitysmäärien kasvamista pinta-alaa kohden, minkä seurauksena myös ravinteiden huuhtoutuminen lisääntyy. Kunnittain peltohehtaaria kohti laskettuna kotieläinten lannan tuottama ravinnemäärä oli Onkamoiden alueella vuonna 1990 7 – 10 kg fosforia ja 35 – 50 kg typpeä (vrt. Rekolainen ym. 1992).

Miltei kaikilla Onkamoiden lähivaluma-alueen karjatiloiilla tehdään säilörehua, arviolta yhteensä 3340 t vuodessa. Puristenestettä muodostuu keskimäärin 15 %, eli noin 500 m³/a. Kiinteistä varastoista puristenestettä otetaan talteen noin 410 m³/a, joka käytetään joko pelloille suoraan tai virtsan ja lietteen seassa (Iivanainen 1992). Aumoista maahan imeytettävän puristenesteen määräksi on arvioitu 90 m³/a.

Kotieläintalouden aiheuttama vesistökuormitus on peräisin pääasiassa lannasta, virtsasta, säilörehun puristenesteestä sekä pesu- ja valumavesistä. Useimmiten kuormitus aiheutuu huonokuntoisista, vuotavista lantaloista ja säiliöistä tapahtuvista suorista päästöistä vesistöön sekä pellolle levitetyn lannan, virtsan ja puristenesteen huuhtoutumisesta vesiin. Kotieläintalouden aiheuttamaa kuormituksen suuruutta on erittäin vaikea arvioida luotettavasti. Viitasaari (1990) on esittänyt Ähtävänjoen alueelle seuraavat ominaiskuormitusarvot:

	fosfori, kg/a	typpi, kg/a
nautakarja	0,44 /ny	2,5 /ny
sika	0,07 /sikayks.	0,42 /sikayks.
säilörehun puristeneste	0,15 /rehu-ha	1,0 /rehu-ha
säiliötilavuuden puutos	0,1 /puuttuva m ³	0,34 /puuttuva m ³

Näiden arvojen perusteella nautakarjan (1200 ny) ja sikojen (200 kpl) aiheuttamaksi kuormitukseksi koko Onkamoiden vesistöalueella voidaan karkeasti arvioida 550 kg fosforia ja 3000 kg typpeä vuodessa. Puristenesteen aiheuttama ravinnekuorma on noin 60 kg/a fosforia ja 400 kg/a typpeä.

Lähivaluma-alueen karjataloudesta (puristeneste mukaan lukien) Onkamoihin kohdistuvaksi ravinnekuormitukseksi voidaan arvioida em. perustein noin 200 kg/a fosforia ja 1000 kg/a typpeä. Jos oletetaan, että alueen lantavarastojen tilavuus riittää noin 6 kk:n säilytykseen, saadaan puuttuvan säiliötilavuuden perusteella ravinnekuormaksi 350 kg fosforia ja 1200 kg typpeä vuodessa.

4.2.3 Metsätalous

Onkamoiden vesistöalueella on runsaasti kuusi- ja sekametsiä (taulukko 4, vesi- ja ympäristöhallituksen ympäristötietokeskuksen maankäyttötulkinnot, 1991). Avohakkuualueita on ollut 1980-luvun lopussa yhteensä 9,4 km² (n. 7 % metsäalasta) ja taimikoita 7,8 km². Lähivaluma-alueella avohakkuuta on 4,3 km² (n. 7 % metsäalasta).

Vesistöalueella toteutetut metsäojitukset ja -lannoitukset on esitetty taulukossa 5 ja ojitetut suoalueet kuvassa 3. Valtaosa ojituksista on toteutettu 1960- ja 1970-luvuilla

ja niiden vesistövaikutukset ovat vuosien kuluessa tasaantuneet. Vanhojen ojitusalueiden kunnostustarve on kuitenkin suuri. Nykyisin ojituksia on tehty vuosittain 200 – 300 ha:n alueella. Vuosina 1991–1992 valuma-alueelle on suunniteltu ojituksia noin 140 ha. Vuosittainen metsien uudistusala on noin 250 ha.

Taulukko 4. Metsät Onkamoiden vesistöalueella (Ympäristötietokeskuksen maankäyttötulkinnot, 1991).

	Mänty- metsät km ²	Kuusi- metsät km ²	Lehti- metsät km ²	Seka- metsät km ²	Taimikot km ²	Avo- hakuut km ²	Yh- teensä km ²	Maa- ala km ²
4.371 Pieni- Onkamo	1,70	4,98	2,12	5,26	0,49	0,71	15,26	28,5
4.372 Suuri- Onkamo	1,78	11,68	6,41	11,68	2,37	3,63	37,55	59,4
4.373 Lotokan- joki	0,68	2,93	1,08	2,05	0,61	0,71	8,06	19,5
4.374 Rauanjoki	10,71	8,24	2,01	13,13	3,13	2,40	39,62	70,2
4.375 Särkijoki	1,12	4,66	1,72	5,51	0,87	1,57	15,45	33,1
4.376 Särkijärvi	0,72	1,28	1,47	3,62	0,31	0,37	7,77	11,3
Yhteensä 4.37	16,7	33,8	13,1	41,3	7,8	9,4	122,0	222,0

Metsälannoituksista suurin osa on tehty 1970-luvulla. Kaiken kaikkiaan lannoituksia on suoritettu viime vuosikymmenien aikana yhteensä noin 4670 ha:n alueella. Peruslannoitetta (N, P, K) on käytetty keskimäärin 400 kg/ha ja ureaa 200 kg/ha (Vänskä 1991). Talvilevityksiä on tehty turvemaidella vielä 1980-luvun alkupuolella runsaasti. Vuodesta 1977 vuoteen 1988 suometsien PK-lannoksen fosforista oli vesiliukoisessa muodossa n. 20 % (Ahti 1990). Fosforiksi ja typpeksi laskettuna lannoitemäärät ovat olleet Onkamoiden vesistöalueella seuraavat:

	fosforia, kg	typpeä, kg
1970-luku	92 289	166 830
1980-luku	40 791	79 465

Taulukko 5. Onkamoiden vesistöalueella suoritettut metsäojitukset ja -lannoitukset (Vänskä 1991).

	Metsäojitukset		Metsälannoitukset
	hyötyalue, ha	ojia, km	ha
1950-luku	117	11,2	.. ¹⁾
1960-luku	1 659	376,0	322
1970-luku	1 805	491,3	2 759
1980-luku	455	84,5	1 589
Yhteensä	4 036	963,0	4 670

¹⁾.. tieto puuttuu

Luonnontilaisesta metsästä huuhtouma on vähäinen. Huuhtoutumisriski lisääntyy, kun kasvipeitettä vähennetään esimerkiksi avohakkuun ja maanpinnan käsittelyn vuoksi (Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö 1987).

Metsäojitus ja avohakkuut lisäävät virtaamia (vrt. Seuna 1988). Hydrologiset vaikutukset saattavat kestää vuosikymmeniä. Ojitusalueelta purkautuvan veden kiintoaine-, rauta-, humus- ja ravinnepitoisuudet nousevat (mm. Ahtiainen 1990). Myös lannoitus ja avohakkuut lisäävät ravinteiden huuhtoutumista maaperästä. Erityisesti suometsien fosforilannoitukset lisäävät huuhtoutumisriskiä (Ahti 1990). Maanpinnan käsittelyjen ja ojitusten seurauksena saattaa olla mm. rantojen ja pohjan liettymistä, veden samentumista sekä kalojen elinolojen heikkenemistä alapuolisessa vesistössä. Pohjavesialueiden läheisyydessä metsätaloustoimenpiteet voivat heikentää myös pohjaveden laatua.

Metsätaloustoimenpiteiden vesistöihin aiheuttamaa kuormitusta on vaikea arvioida. Rekolainen (1989) on laskenut metsävaltaisilta alueilta tulevaksi ravinnehuuhtoumaksi 11 – 16 kg km⁻² a⁻¹ fosforia ja 200 – 270 kg km⁻² a⁻¹ typpeä. Arvot sisältävät myös luonnonhuuhtouman. Metsäojituksen ja avohakkuun aiheuttamaa kuormitusta on tutkinut Ahtiainen (1990). Ojitus lisäsi fosforin vuosihuutoumaa keskimäärin 0,4 kg ja typen 2,4 kg ojitushehtaaria kohti kolmen ensimmäisen vuoden aikana ojituksesta (Nurmes-tutkimuksen Suopuron valuma-alue; ojien ja puron välissä suojakaista). Avohakkuun aiheuttamaksi kuormituslisäksi saatiin vastaavasti Murtopuron alueella (laaja avohakkuu) keskimäärin 0,83 kg ha⁻¹ a⁻¹ fosforia ja 3,0 kg ha⁻¹ a⁻¹ typpeä sekä Kivipuron alueella (avohakkuu ja suojavyöhyke) 0,06 kg ha⁻¹ a⁻¹ fosforia ja 0,9 kg ha⁻¹ a⁻¹ typpeä kolmen ensimmäisen vuoden aikana hakkuusta (Ahtiainen 1990).

Lakso ja Viitasaari (1990) ovat käyttäneet metsäojituksen aiheuttaman fosforikuorman arvioimisessa seuraavia arvoja:

	fosfori, kg ha ⁻¹ a ⁻¹	kiintoaine kg ha ⁻¹ a ⁻¹
ojitusvuonna	0,3	300
seuraavana vuonna	0,2	200
2 v kuluttua	0,1	100
3 – 7 v kuluttua	0,05	50

Ojituksen aiheuttamaksi typpikuormitukseksi Lakso ja Viitasaari (1990) ovat arvioineet $4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ viimeisen seitsemän vuoden aikana ojitetuilta alueilta.

Metsälannoituksen osuuden Vänskä (1991) on arvioinut Onkamoiden vesistöalueella seuraavaksi:

	fosfori	typpi
	kg a^{-1}	
1980-luku	407	4000
1970-luku	923	8300

Laskelmat perustuvat Sauran (1990) selvityksiin lannoituksen aiheuttamista ravinnehuuhtoumista. Sauran (1990) tutkimuksessa kivennäismaiden fosforilannoituksen vaikutus huuhtoumaan oli hyvin vähäinen, turvemaalle levitetystä fosforista sen sijaan lähes 7 % oli huuhtoutunut ensimmäisen vuoden aikana. Lannoitetyypistä huuhtoutui vastaavana aikana arviolta 5 – 10 %. Lakso ja Viitasaari (1990) ovat arvioineet metsälannoituksen aiheuttamaksi fosforihuuhtoumaksi $0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ja kokonaisu-huuhtoumaksi 12 % käytetyn lannoitteen fosforimäärästä. Onkamoiden vesistöalueella 1980-luvulla käytetyistä fosforilannoitteista huuhtouma on edellä esitetyn arvion mukaan ollut 4900 kg, lähivaluma-alueella puolestaan 1000 kg fosforia.

Onkamoiden vesistöalueella metsäalueilta tulevaksi ravinnehuuhtoumaksi saadaan Rekolaisen (1989) esittämien arvojen perusteella 1740 – 2530 kg/a fosforia ja 31 600 – 42 700 kg/a typpeä. Ojituksen aiheuttamaksi kuormitukseksi 1980-luvun lopussa voidaan edellä esitetyn perusteella karkeasti arvioida 110 kg fosforia ja 1000 – 1800 kg typpeä sekä avohakkuun 100 – 200 kg fosforia ja 1000 kg typpeä vuodessa.

Lähivaluma-alueen metsäalueilta tulevaksi ravinnehuuhtoumaksi saadaan vastaavasti noin 800 kg/a fosforia ja 14 600 kg typpeä. Fosforiainevirtaamasta luonnonhuuhtouman osuus on arviolta noin 500 kg/a ja metsätaloustoimenpiteiden 300 kg/a (vrt. kohta 4.3). Lähivaluma-alueella toteutettujen metsäojitusten aiheuttamaksi kiintoainekuormaksi 1980-luvun lopussa voidaan arvioida Lakson ja Viitasaaren (1990) esittämien arvojen perusteella vähintään 55 t/a.

4.2.4 Turvetuotanto

Onkamoiden valuma-alueella sijaitsee kaksi turvetuotantoaluetta (kuva 3). Pärnänsuon (340 ha) tuotantoalueen kuivatusvedet johdetaan Rauanjokeen ja sitä kautta Lotokanjokeen, ja osa (29 ha) Tuohtaansuon tuotantoalueen kuivatusvesistä Suuri-Onkamon Hasonselkään (Luotonen ja Turunen 1991). Onkamoiden valuma-alueen maa-alasta yhteensä 1,8 % on turvetuotannossa.

Pärnänsuon tuotantoalueella turpeen nosto käynnistyi vuonna 1979. Vuonna 1990 turvetuotanto oli yhteensä noin $165\,600 \text{ m}^3$. Alueelle on rakennettu 11 laskeutusallasta, joiden yhteistilavuus on 4700 m^3 (Vänskä 1991).

Tuohtaansuon tuotantoalueen ojasto on kaivettu vuonna 1978. Kuivatusvedet (lohkot 01/1 – 01/4) johdetaan sarkaojien päihin asennettujen sihtiputkien kautta laskeutusaltaaseen ja edelleen laskuojan kautta Hasonselkään.

Turvetuotantoalueiden kuivatusvesien sisältämät kiintoaine ja ravinteet aiheuttavat alapuolisessa vesistössä mm. liettymis- ja rehevöitymishaittoja sekä kalojen elinolojen heikentymistä. Ongelmat ovat samantapaiset kuin metsäojituksissa. Turvetuotantoalueiden kuivatusvedet johdetaan yleensä yhdestä tai muutamasta selvästä purkukohdasta vesistöön, mutta kuormitus käyttäytyy kuitenkin hajakuormituksen tavoin. Kuormituksen suuruus riippuu hydrologisista tekijöistä ja suurimmat kuormat mitataan yleensä tulvakausion aikana.

Turvetuotantoalueiden kuivatusvesien vaikutus on ajoittain selvästi nähtävissä niin Lotokanjoen kuin turvetuotantoalueelta Hasonselkään laskevan ojankin veden laadussa kohonneina väriluvun ja ravinnepitoisuuksien arvoina. Keskimääräiseksi vuosikuormitukseksi turvetuotantoalueilta on arvioitu 0,27 kg/ha fosforia ja 6,5 kg/ha typpeä (Sallantaus 1983). Oulun vesi- ja ympäristöpiirissä tehdyn selvityksen mukaan tuotantovaiheessa turvesuon ominaiskuormitus on kesäaikana 1,4 g ha⁻¹ d⁻¹ fosforia ja 28,5 g ha⁻¹ d⁻¹ typpeä (Turvetuotannon vesiensuojelua koskeva valvontaohje nro 64, 1991). Tuohtaansuon tuotantoalueen kuormitus on näiden arvojen mukaan noin 8 kg fosforia ja 190 kg typpeä sekä Pärnänsuon 95 kg fosforia ja 2250 kg typpeä vuodessa. Kuormitusvaihtelut ovat kuitenkin eri vuodenaikoina sääoloista riippuen suuret. Vuoden 1991 vedenlaatuselvityksen mukaan Tuohtaansuon tuotantoalueelta laskevasta ojasta (valuma-alue 6,12 km²) purkautui runsaimpien sateiden aikaan elokuussa (jolloin satoi jopa 18 mm/d) noin 1 kg/d fosforia Hasonselkään.

4.2.5 Turkistarhaus

Suuri-Onkamon rannalla Sintsissä sijaitsee turkistarha, Petrolan Turkis OY. Tarha on perustettu vuonna 1979, ja tarhausalueella on noin 400 kettua ja 200 suomensupia. Eläinmäärä on penikat huomioiden yhteensä noin 3000.

Tarha on rakennettu salaojitetulle savikkopellolle. Salaojat purkautuvat alueen keskiosassa kulkevaan avo-ojaan ja sitä kautta Suuri-Onkamoon. Varjotaloissa käytetään kuivikkeena turvetta. Turpeeseen imeytetyt ulostejätteet kompostoidaan pellolla. Tarha-alueen huoltorakennuksesta tulevat jätevedet johdetaan sakokaivokäsittelyn jälkeen em. avo-ojaan.

Helinin (1982) laskelmien mukaan turkiseläinten aiheuttama ominaiskuorma (g/nahka) on seuraava:

	fosfori	typpi
	g/nahka	
kettu	301	1500
supi	355	1770

Kun oletetaan, että nahkojen määrä on suunnilleen sama kuin keskimääräinen vuotuinen poikasmäärä (kettu 6–7, supi 3–4), saadaan turkistarhauksen aiheuttamaksi potentiaalisesti kuormaksi Onkamoiden lähivaluma-alueella 890 kg/a fosforia ja 4900 kg/a typpeä. Helin (1982) on lisäksi arvioinut, että potentiaalisen kuormituksen fosforista huuhtoutuu 7,5 % ja tyypestä 14 %. Tällä perusteella Suuri-Onkamoon kohdistuvaksi ravinnekuormaksi saadaan 65 kg/a fosforia ja 680 kg/a typpeä.

Vesi- ja ympäristöpiirin tarkkailun mukaan turkistarhalta Suuri-Onkamoon purkau-
tuvassa ojassa veden kokonaisfosforipitoisuus on ollut viime vuosina 0,4 – 2,8 mg/l
ja kokonaistyyppipitoisuus 3,3 – 39 mg/l. Ravinnekuormaksi on arvioitu 0,02 – 2,9 kg/d
fosforia ja 0,3 – 21,6 kg/d typpeä. Turkistarhan aiheuttama kuormitus riippuu olennai-
sesti sääoloista, suurimmillaan se on ollut tulvakausiin. Vuosikuormaksi on tulosten
perusteella arvioitu noin 50 kg fosforia ja 600 kg typpeä.

4.2.6 Haja- ja loma-asutus

Pohjois-Karjalan lääninhallituksen asunto- ja kaavoitustoimisto on kartoittanut
vuonna 1989 läänin vesistöjen rantakiinteistöjä. Selvityksen mukaan Onkamoiden ran-
noilla on yhteensä noin 480 kesämökkiä ja ympärivuotisessa käytössä olevaa asuntoa.
Näistä suurin osa on Suuri-Onkamon rannoilla.

Ympärivuotisessa käytössä olevia rantakiinteistöjä oli lääninhallituksen selvityksen
mukaan noin 40. Jätevesien käsittely on viime vuosiin saakka hoidettu talokohtaisesti
pääasiassa saostuskaivojen ja maahan imeytyksen avulla. Nykyisin rantakiinteistöjen
vesikäymälöiden jätevesille edellytetään rakennettavaksi umpisäiliö. Kunnallista
viemärintiä lähivaluma-alueella ei ole. Umpisäiliö- ja sakokaivolietteen vastaanot-
to ja käsittely on järjestetty Tohmajärven ja Pyhäselän jätevedenpuhdistamoiden
yhteyteen. Rääkkylässä em. lietteiden vastaanotto oli helmikuussa 1993 suunnittelu-
vaiheessa.

Loma-asunnoissa yleisin käymälätyyppi on kuivakäymälä, jonka alla on umpiastia.
Pesuvedet imeytetään suurimmaksi osaksi maahan. Vesikäymälän rakentamiseen
loma-asuntoon kuntien terveysviranomaiset eivät yleensä ole myöntäneet lupaa.

Onkamoiden lähivaluma-alueen kiinteistöjen jätevedenkäsittelymenetelmistä ei ole
käytettävissä talokohtaisia tietoja. Kaupin (1979) laskelmien mukaan haja-asutuksen
aiheuttama kuormitus on 0,12 kg fosforia ja 0,30 kg typpeä asukasta kohti vuodessa.
Yhden henkilön aiheuttama fosforikuormitus on 3,4 g vuorokaudessa ja tyyppikuormi-
tus 15,0 g vuorokaudessa (esim. Santala 1990). Saostuskaivolla pystytään ravinne-
kuormitusta vähentämään 10 – 20 %. Jos saostuskaivon lisäksi käytetään oikein
mitoitettua maaperäkäsittelyä, jätevesien aiheuttama kuormitus saadaan poistetuksi
lähes kokonaan. Lopullinen vesistökuormitus riippuu asunnon etäisyydestä vesistöstä.
Alle 100 metrin etäisyydellä ei puhdistumista ehdi kovinkaan paljon tapahtua (Lakso
ja Viitasaari 1990). Vesiensuojelun kannalta ongelmallisia ovat näin ollen juuri ranta-
alueiden kiinteistöt.

Viitasaari (1990) on arvioinut haja-asutuksen ravinnekuormituksen riippuvan päästö-
lähteen etäisyydestä vesistöön seuraavasti:

etäisyys vesistöstä	fosfori	typpi
	kg as ⁻¹ a ⁻¹	
alle 100 m	0,64	2,40
100 – 1000 m	0,37	1,72
yli 1000 m	0,10	1,03

Onkamoiden lähivaluma-alueella asuu yhteensä noin 450 henkilöä. Valtaosa asutuksesta sijaitsee 100 – 1000 metrin etäisyydellä vesistöstä. Edellä mainittujen arvojen perusteella vuotuinen kuormitus Onkamoihin on noin 200 kg fosforia ja 850 kg typpeä.

Loma-asutuksesta aiheutuvaksi ravinnekuormitukseksi on arvioitu 0,18 kg fosforia ja 0,66 kg typpeä vuodessa loma-asuntoa kohti (Lakso ja Viitasaari 1990). Arvio on tehty 100 vuotuisen yöpymisvuorokauden perusteella. Onkamoihin kohdistuvaksi fosforikuormitukseksi saadaan tällä perusteella noin 80 kg ja typpikuormitukseksi 290 kg vuodessa.

Puutteelliset jätevesien käsittelyratkaisut saattavat pilata oman tai lähinaapurin kaivon. Niistä voi myös olla seurauksena hygieenisiä haittoja ja rehevöitymistä lähivesistöissä. Ongelmia saattaa syntyä erityisesti asutuksen tihentyessä ja loma-asutuksen varustetason kohotessa. Vesi- ja ympäristöviranomaiset edellyttävät nykyisin rantakiinteistöille rakennettavaksi vesikäymälän jätevesille umpisäiliön ja loma-asuntoihin komposti- tai kuivakäymälän.

4.2.7 Ilman kautta tuleva laskeuma

Onkamoihin kohdistuu ravinnekuormitusta myös ilman kautta kuiva- ja märkälaskemuksena. Vuonna 1991 sadeveden mukana märkälaskemuksena tuleva vuosilaskema oli Pohjois-Karjalan alueella 10 – 14 mg m⁻² fosforia ja 460 – 680 mg m⁻² typpeä (Järvinen ja Vänni 1992).

Kuormituslaskelmissa on arvioitu sateiden mukana suoraan Onkamoihin kohdistuva fosfori- ja typpikuorma. Maa-alueille tuleva laskeuma sisältyy valuma-alueelta tulevaan mitattuun ainevirtaamaan. Onkamoiden alueelle tulevan ravinnekuormituksen arviointia vaikeuttaa se, että suunnitelma-alueella tai sen läheisyydessä ei ole sadeveden laadun mittausasemia. Kuormituslaskelmissa on tämän vuoksi käytetty vesi- ja ympäristöhallituksen Punkaharjun havaintoaseman tuloksia vuosilta 1981–1990.

4.3 Yhteenveto ulkoisesta kuormituksesta

Taulukkoon 6 on koottu eri kuormittavien tekijöiden aiheuttama keskimääräinen ravinnekuormitus Onkamoihin edellä esitettyjen laskelmien pohjalta. Lotokanjoen kautta tuleva kuorma on arvioitu vuoden 1991 tulosten perusteella. Sääoloiltaan keskimääräisenä vuonna Onkamoihin kohdistuva fosforin ainevirtaama on laskelmien mukaan noin 2900 kg/a. Eri kuormittavista tekijöistä maa- ja metsätalouden, haja-asutuksen sekä ilman kautta tulevan laskeuman osuudet ovat suurimmat. Lotokanjoen kautta Pieni-Onkamoon purkautuva fosforikuorma on laskelman mukaan 7 % kokonaiskuormasta. Luonnonhuuhtouman osuus on noin viidennes kokonaishuuhtoumasta.

Onkamoihin kohdistuvaksi typpikuormaksi on arvioitu noin 58 000 kg/a. Laskelman mukaan noin 40 % typpiainevirtaamasta on peräisin ilmasta. Maa- ja metsätalouden samoin kuin luonnonhuuhtouman osuus on vajaa neljännes kokonaishuuhtoumasta.

Hajalähteistä tuleva ravinnepuhdistuma riippuu olennaisesti sääoloista. Runsassateisina vuosina, kuten vuonna 1991, puhdistuma voi olla huomattavasti keskimääräisiä arvoja suurempi (vrt. taulukko 9).

Taulukko 6. Eri kuormituslähteiden keskimääräinen osuus Onkamoiden ravinnepuhdistuksessa.

kuormituslähde	fosfori		typpi	
	kg/a	%	kg/a	%
HAJAKUORMITUS				
LÄHIVALUMA-ALUEELTA				
– peltoviljely	740	25	10000	17
– karjatalous	200	7	1000	2
– metsätalous	300	10	2000	4
– turvetuotanto	10	0,5	190	0,3
– turkistarhaus	50	1,5	600	1
– haja-asutus	200	7	850	1,5
– loma-asutus	80	3	290	0,5
LUONNONHUUHTOUMA				
LÄHIVALUMA-ALUEELTA	540	18	14000	24
ILMAN KAUTTA	600	21	24000	41
LOTOKANJOKI	200	7	5000	9
YHTEENSÄ	2920	100	57930	100

4.4 Sisäinen kuormitus

Luonnontilainen järvi pystyy vastaanottamaan tietyn määrän ravinteita ilman, että sen tila muuttuu. Osa järveen tulevasta ravinteista sitoutuu pohjalietteeseen, osa poistuu luusuan kautta ja osa kalansaaliin mukana. Ravinteiden määrän lisääntyessä kasviplanktonin ja muun vesikasvillisuuden perustuotanto kiihtyy, minkä seurauksena myös hajottajamikrobien määrä alkaa kasvaa. Aluksi mikrobit pystyvät hajottamaan pohjalle kerrostuvan lisäbiomassan, mutta tuotannon edelleen kasvaessa hajoavaa orgaanista ainesta alkaa kertyä yhä enemmän järven pohjaan. Hajotus kuluttaa runsaasti happea, ja seurauksena saattavat olla toistuvat happikadot.

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan ravinteiden, erityisesti fosforin, vapautumista pohjalietteestä veteen (mm. Lappalainen ja Matinvesi 1990, Rekolainen ym. 1992, Salonen ym. 1992). Sisäinen kuormitus on seurausta pitkään kestäneestä järven sietokyvyn ylittäneestä ulkoisesta kuormituksesta. Pitkälle rehevöityneissä järvissä sisäisen kuormituksen seurauksena levätuotannon käyttöön palautuu kesällä suuri osa siitä fosforista, joka syksyllä ja keväällä on sedimentoitunut pohjalle. Näin järvi kuormittaa itse itseään.

Sisäistä kuormitusta aiheuttavat 1) fysikaalinen resuspensio, jossa virtaukset tai aallokko irrottavat sedimentin pintakerrosta veteen, 2) kemiallinen vapautuminen ja 3) bioturbaatio, jossa pohjaeläimet ja särkikalat aiheuttavat sedimentin sekoittumista veteen (mm. Rekolainen ym. 1992). Resuspensio voi olla suurta erityisesti matalissa järvissä ja syvienkin järvien ranta-alueilla. Kemiallisessa vapautumisessa fosforia siirtyy pohjalietteestä veteen hapettomissa oloissa redox-potentiaalin ollessa riittävän alhainen tai pH:n riittävän korkea.

Järven tuotannon kannalta sisäisellä kuormituksella on merkitystä, jos se lisää liukoisien, siis käyttökelpoisen fosforin kuormitusta. Näin tapahtuu fosforin vapautuessa kemiallisesti hapettomuuden tai korkean pH:n seurauksena. Resuspensiolla ei ole tässä mielessä yhtä suurta merkitystä (Rekolainen ym. 1992).

Särkien on todettu ylläpitävän korkeaa levätuotantoa ja -biomassaa Lahden Vesijärvessä (Horppila ja Kairesalo 1990). Särjet tonkivat sedimenttiä ravintoa etsiessään ja pumppaavat sitä ruoansulatuskanavansa läpi. Lahden Vesijärvessä särkien määräksi on arvioitu jopa 500 kg/ha. Sedimenttiä syövät kalat palauttavat kiertoön ravinteet, jotka muutoin eivät olisi kasviplanktonin käytössä (Torpström ja Lappalainen 1992).

Onkamoissa sisäistä kuormitusta tapahtuu fosforitaselaskelmien perusteella kaikkina vuodenaikoina (kohta 5.3). Talvella heikko happitilanne on todennäköisin syy fosforin vapautumiseen pohjalietteestä. Muina vuodenaikoina korkea pH, resuspensio sekä bioturbaatio lisännevät sisäistä kuormitusta.

4.5 Rantarakentaminen

4.5.1 Yleistä

Rantarakentamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista rannassa ja vesialueella tapahtuvaa rakentamista, jota koskevat vesilain säännökset. Tällaista vesistöön rakentamista ovat mm. tiepenkereen ja sillan teko, vesialueen ruoppaus ja täyttö sekä laiturin ja muiden rakenteiden tekeminen vesialueelle. Mikäli vesistöön rakentamisesta voi aiheutua vesilaissa tarkemmin lueteltuja haittoja tai vahinkoja, on toimenpiteeseen haettava vesioikeuden lupa.

Vesialueella tarkoitetaan vesilaissa aluetta, joka muutoin kuin tilapäisesti on veden peittämä. Rantaviivan sijainti on määritelty vesistön keskivedenkorkeuden mukaiselle paikalle. Käytännössä rantaviiva voidaan useimmiten helpoimmin paikallistaa rantatörmään, josta kuivan maan kasvillisuusvyöhyke alkaa. Alavilla alueilla ja vesijätöillä rantaviivan tarkan sijainnin määrittäminen voi kuitenkin olla vaikeaa.

Vesilain rakentamissäännösten (VL 2:2) mukaan rakentamiseen on haettava vesioikeuden lupa, mikäli siitä saattaa aiheutua lain 1 luvun 12 – 15 §:ssä mainittuja seurauksia. Lupaa edellyttävinä ympäristömuutoksina laissa on mainittu mm. valtaväylän sulkeminen tai supistaminen sekä toisen vesialueelle, kalastukselle, maalle tai muulle omaisuudelle aiheutuva haitta tai vahinko. Rakentaminen ei saa myöskään aiheuttaa vesiluonnon tai sen toiminnan vahingollista muuttumista eikä se saa huomattavassa määrin vähentää luonnon kauneutta eikä ympäristön viihtyisyyttä tai vähentää sen soveltuvuutta virkistyskäyttöön.

Rakentamissäännösten mukaan (VL 2:3) vesistöön rakentamisen on tapahduttava mahdollisimman vähin ympäristöhaitoin, mikäli siitä ei aiheudu rakentamiskustannusten kohtuutonta lisääntymistä. Tämä velvoite koskee myös sellaista rakentamista, johon ei tarvita vesioikeuden lupaa.

Vesilain yleisissä säännöksissä rannan omistajalle tai haltijalle on annettu tietyin edellytyksin oikeus mm. laiturin tekemiseen toisen vesialueelle ja oikeus pienimuotoiseen rannan kunnostukseen ruoppaamalla. Yleiskäyttöoikeuden nojalla ilman vesioikeuden lupaa tehtävien toimenpiteiden edellytyksenä on kuitenkin se, ettei työstä aiheudu laissa mainittuja haittoja tai vahinkoja (VL 1:15). On huomattava, ettei yleiskäyttöoikeuden nojalla tehty rakentaminen vapauta tekijää mahdollisesta vesioikeuden luvan hakemisvelvoitteesta, vaan antaa ensisijaisesti vain oikeuden toiselle kuuluvan vesialueen käyttöön. Onkamoin vesialueet ovat jakamattomina kylien yhteisiä, ja ne kuuluvat näin ollen jakokunnille.

4.5.2 Rantarakentaminen Onkamoilla

Rannan rakentamistarpeeseen vaikuttavat oleellisesti sen syvyysuhteet, kasvillisuus, kivikkoisuus yms. tekijät. Virkistyskäyttöön luonnontilaisina hyvin soveltuvien rantojen vähentyessä varsinkin loma-asuntoja on viime vuosina rakennettu entistä enemmän matalille ja ruohikkoisille rannoille.

Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä selvitettiin kesän 1992 aikana Onkamoiden rantarakentamisen nykytilannetta (Jaakkonen 1992). Tarkastelun kohteena olivat ensisijaisesti 10 vuotta nuoremmat rakennuskohteet, joiden epäiltiin olevan ristiriidassa vesilain säännösten kanssa.

Vuonna 1990 Onkamoiden rannalla oli yhteensä 480 kesämökkiä ja ympärivuotisesti asuttua kiinteistöä. Kesän 1992 tarkastuksessa todettiin 40 rantatontin edustalla rakenteita, joiden luvallisuutta katsottiin tarpeelliseksi edelleen selvittää. Ne sijaitsivat lähinnä järven länsirannoilla. Rakenteista suurin osa oli ruoppausmassojen vesialueelle läjityksiä, joita oli käytetty penkereiden ja vesialueen valtausten pohjana. Rannan ruoppauksia ja/tai pengerryksiä oli yleensä tehty matalilla tai ruohikkoisilla alueilla, mutta jonkin verran myös kivisillä ja avoimilla rannoilla. Veneväylien syventämisen yhteydessä oli kaivumaat joissain tapauksissa kasattu järveen väylän viereen, jolloin niistä oli muodostunut veden pinnan yläpuolelle ulottuva penger. Kymmenessä tapauksessa vesialueelle oli rakennettu iso laituri, jolle oli sijoitettu puutarhakalusteita ja grilli. Kolmanneksessa tapauksista tonttia oli laajennettu oleskelua varten vesialueelle ja sijoitettu levikkeelle puutarhakalusteita ja nuotiopaikka. Selvityksessä todettiin lisäksi, että neljään mantereen läheisyydessä olevaan saareen oli tehty pengertie.

Luonnontilaisen alueen rakentamisesta aiheutuu aina maisemallisia muutoksia ja luonnonarvojen menetyksiä. Näiden lisäksi rakentaminen saattaa haitata vesistössä kulkua, kalojen kutua, vähentää ympäristön viihtyisyyttä tai heikentää veden laatua esim. veden virtauksia muuttamalla. Oleskelupaikan rakentaminen tontin edustalle tehdyn maapenkereen päähän voi myös aiheuttaa naapurille kohtuutonta häiriötä. Edellä esitettyjen näkökohtien pohjalta kesällä 1992 tehdyssä tarkastuksessa todettuja ongelmallisimpia kohteita tullaan vesi- ja ympäristöpiiriin toimesta edelleen selvittämään.

5 RAVINNEKUORMITUS JA FOSFORITASE VUONNA 1991

5.1 Sääolot

Vuosi 1991 oli selvästi keskimääräistä sateisempi (taulukko 7). Erityisesti kesäkuu-kausina sekä marraskuussa satoi runsaasti. Tohmajärvellä Kemien ilmastoasemalla sademäärä oli vuonna 1991 miltei 30 % suurempi pitkänajan keskiarvoon verrattuna. Sadannan määrä vaihteli kuitenkin eri alueilla melkoisesti, ja esimerkiksi Rääkkylän asemalla sadanta ei vuonna 1991 paljoakaan poikennut vuosien 1971 – 1990 keskiarvosta. Vuosi 1991 oli myös jonkin verran keskimääräistä lämpimämpi. Erityisesti loka-, marras- ja joulukuussa keskilämpötilat olivat normaalia korkeampia.

Lunta oli Tohmajärven asemalla 15.3.1991 hieman keskimääräistä vähemmän, 54 cm (1961–90 64 cm). Onkamot vapautuivat jäistä 14.5.1991 ja jäätyivät 11.12.91.

Taulukko 7. Keskimääräisiä sadanta- ja lämpötilatietoja Onkamoiden lähialueen havaintoasemilta (Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1991, Leppäjärvi 1991).

	Keskilämpötila, °C		Sadanta, mm						
	Tohmajärvi, Kemie		Tohmajärvi, Kemie		Rääkkylä, kirkonkylä		Jänisjoki Ruskeakoski, aluesadanta		
	1991	1961 – 90	1991	1961 – 90	1991	1971 – 90	1991	1971 – 80	
Tammi	–9,7	–11,7	33	41	26	35	30	33	
Helmi	–10,7	–10,5	35	32	33	28	33	33	
Maalis	–4,4	–5,2	29	35	24	27	21	36	
Huhti	1,8	1,1	31	36	25	29	40	32	
Touko	7,6	8,6	41	36	39	29	74	34	
Kesä	13,3	14,0	104	57	131	55	119	62	
Heinä	16,1	15,9	121	70	52	67	92	77	
Elo	14,5	13,5	130	80	87	83	83	85	
Syys	8,0	8,3	80	65	59	56	85	71	
Loka	5,0	3,2	53	65	39	52	56	66	
Marras	1,6	–2,5	96	61	45	49	89	72	
Joulu	–4,5	–8,1	64	54	42	43	63	56	
Vuosi- keski- arvo	3,2	2,2	vuosi- sadanta	817	632	602	553	785	657

5.2 Ravinnekuormitus

Onkamoihin purkautui selvitysten mukaan vuonna 1991 yhteensä noin 4300 kg fosforia ja 102 000 kg typpeä (taulukko 8). Suurin osa ravinnekuormituksesta oli peräisin lähivaluma-alueelta. Kaukovaluma-alueelta Lotokanjoen kautta tulevan kuorman osuus oli pieni: sekä fosforista että typpeä 6 %. Ilman kautta tulevan märkäläskemuun osuus fosforikuormasta oli reilu viidennes ja typpi-kuormasta reilu neljännes.

Lotokanjoen vesi purkautuu Pieni–Onkamoon ainoastaan tulvakausina. Muina aikoina vedet virtaavat Pieni–Onkamon ohi suoraan Nivanjokeen. Virtaamamittausten mukaan vuonna 1991 virtausta Pieni–Onkamoon tapahtui 1.4. – 17.4. ja 17.11. – 27.11.

Koska vuosi 1991 oli runsassateinen, myös huuhtoumat olivat suuret. Vesitaseesta laskettuna valunta–arvot olivat ajoittain yli kaksinkertaiset pitkäaikaisiin keskiarvoihin verrattuina. Sääoloiltaan keskimääräisenä vuonna (valunta noin $10 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) Onkamoihin purkautuu lähivaluma–alueelta arviolta 2100 kg ja sadannan kautta noin 600 kg fosforia vuodessa (vrt. taulukko 6). Vuonna 1991 lähivaluma–alueelta tuleva fosforihuuhtouma oli noin 50 % suurempi kuin sääoloiltaan keskimääräisenä vuonna.

Onkamoihin virtaa lähivaluma–alueelta kymmeniä puroja. Muutamissa niistä veden ravinnepitoisuus on ollut erittäin korkea (vrt. taulukko 10), ja purojen kautta Onkamoihin tuleva ravinnekuorma varsin suuri. Vuoden 1991 tulosten perusteella joidenkin purojen kautta Onkamoihin purkautui suurimpien virtaamien aikaan arviolta 1 – 3 kg fosforia vuorokaudessa.

Taulukko 8. Onkamoihin kohdistuva kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforikuormitus vuonna 1991.

	Fosfori		Typpi	
	kg	%	kg	%
Lähivaluma–alueen hajakuormitus (ml. luonnonhuuhtouma)	3 118	72	67 200	66
Lotokanjoki	237	6	6 500	6
Ilman kautta laskeumana	949	22	28 700	28
	4 304	100	102 400	100

5.3 Fosforitase

Onkamoiden fosforitase vuonna 1991 on esitetty taulukossa 9 ja kuvassa 4. Järviin tulevasta kokonaisfosforikuormasta poistui Nivanjoen kautta 14 % ja kalansaaliin mukana noin 9 %. Valtaosa tulevasta kuormasta jäi Onkamoihin; nettosedimentaatio oli laskelmien mukaan noin 3150 kg a^{-1} .

Fosforitaseen mukaan sisäisellä kuormituksella on Onkamoissa hallitseva merkitys (taulukko 9). Keskimäärin sisäisen kuormituksen aiheuttama kokonaisfosforikuorma vuonna 1991 oli $2,7 \text{ mg m}^{-2}$ vuorokaudessa. Ulkoinen fosforikuormitus oli ainoastaan talvella suurempi kuin pohjalietteestä vapautuva sisäinen kuormitus. Kesällä ja syksyllä sisäinen kuormitus oli moninkertainen ulkoiseen kuormaan verrattuna. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että sisäisen kuormituksen määrittäytavassa, lähinnä bruttosedimentaation mittauksessa, on useita virhelähteitä (vrt. Salo 1992). Laskelmat antavat kuitenkin karkeahkon arvion sisäisen kuormituksen suuruusluokasta.

Onkamoiden vesimassan fosforisisältö on alhaisimmillaan jääpeitteisen ajan alussa (31.12.1990 1720 kg). Fosforin määrä vedessä kasvaa jääpeitteisenä aikana jonkin verran sisäisen kuormituksen seurauksena, mutta korkeimmillaan se on kesällä ja syksyllä aktiivisimman levätuotannon aikana (esim. elokuun lopussa 1991 3140 kg, marraskuun lopussa 2920 kg), jolloin myös sisäinen kuormitus on suurimmillaan.

Avovesiaikana sisäistä kuormitusta aiheuttavat useat tekijät (ks. kohta 4.4). Onkamot ovat matalia ja tuulille alttiita, minkä seurauksena resuspensio lienee merkittävää. Vesi kerrostuu kesällä Suuri-Onkamossa ja Hasonselällä vain lyhytaikaisesti. Mikrobiologisen hajoamisen tuloksena muodostuneet ravinteet ovat näin ollen levien käytössä miltei koko kasvukauden ajan. Lisäksi levätuotannon seurauksena veden pH nousee ajoittain korkeaksi, yli arvon pH 8. Myös bioturbaation (pohjaeläimet ja särkikalat sekoittavat pohjasedimenttiä veteen) merkitys voi Onkamoissa olla suuri. Sen osuutta on kuitenkin lähes mahdotonta arvioida. Onkamoiden kalaston särkikalavaltaisuus on todettu jo 1980-luvun alussa (vrt. Kankkunen ja Karhapää 1981).

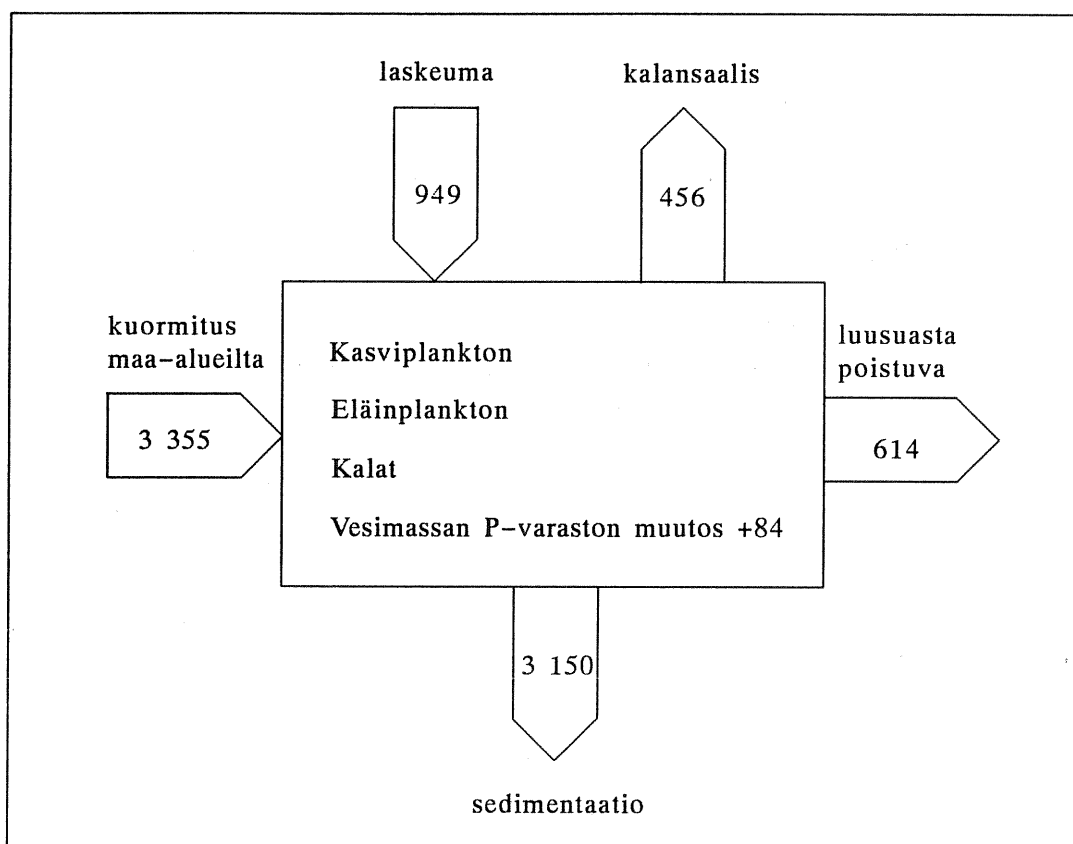
Vastaavanlainen kuormitusjakauma ja sisäisen kuormituksen hallitsevuus on todettu useissa rehevissä vesistöissä tehdyissä tutkimuksissa. Sisäiseksi kokonaisfosforikuormitukseksi on arvioitu Lahden Vesijärven Enonselällä $8,6 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, Vihdin Enäjärvessä $1,6 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Lappalainen ja Matinvesi 1990), Tuusulanjärvessä $11 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Kansanen 1992) sekä Artjärven Pyhäjärvessä $3,9 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ja Villikkalanjärvessä $16,3 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (Knuuttila ym. 1992).

Taulukko 9. Onkamoiden fosforitase vuonna 1991 ($\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). LP = luusuasta poistuva, BS = bruttosedimentaatio, SK = sisäinen kuormitus, dP/dt = vesimassan fosforivaraston muutosnopeus, k.a. = keskiarvo.

Vuodenaika Päivien lkm	Talvi 161	Kevät 21	Kesä 92	Syksy 91	k.a. 365
MENOT					
LP	0,05	0,03	0,08	0,07	0,06
BS	0,19	1,97	3,81	6,93	2,88
+dP/dt	–	–	0,23	–	–
YHT.	0,24	2,00	4,12	7,00	3,00
TULOT					
UK	0,15	0,43	0,40	0,29	0,26
SK	0,08	0,96	3,72	6,66	2,74
–dP/dt	0,01	0,61	–	0,05	–
YHT	0,24	2,00	4,12	7,00	3,00

Onkamoiden fosforitase ja sisäinen kuormitus on laskettu kokonaisfosforiarvojen perusteella. Järven levätuotannon kannalta merkityksellisin on kuitenkin liukoisien, siis käyttökelpoisen fosforin määrä. Tällöin ulkoisen kuormituksen merkitys Onkamoiden kuormituksessa korostuu. Kuormitusselvitysten mukaan Onkamoiden fosfaattifosforikuorma oli vuonna 1991 noin 2100 kg. Suurin osa, noin 80 % Onkamoihin laskevien purojen veden fosfaattifosforista oli liuenneessa muodossa (vrt. taulukko 10). Loto-kanjoen kautta tulevassa vedessä liukoisien fosfaattifosforin osuus oli 40 %. Liukoisien fosfaatin kuorma oli näin ollen noin 1600 kg, eli $0,1 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Resuspendoituvan aineksen sisältämää käyttökelpoisen fosforin määrää ei Onkamoissa ole selvitetty. Ekholmin (1992) tutkimuksissa maatalouden kuormittamien vesistöjen kiintoaineeseen sitoutuneesta fosforista noin 5 % oli potentiaalisesti käyttökelpoista. Lappajärvellä tehdyissä sedimentaatiotestauksissa sen sijaan levät eivät kyenneet käyttämään sedimentin sisältämää fosforia lainkaan neljän viikon inkuboinnin aikana, vaikka sedimentissä fosforia oli melko paljon, 2,2 mg/g (Malve ym. 1992). Onkamoissa sedimentaatiokeräimiin laskeutuneen kiintoaineen fosforipitoisuus oli keskimäärin 2,7 – 3,3 mg/g kuiva-ainetta. Pitoisuus oli jonkin verran suurempi kuin sedimentin pintakerroksessa, jossa kokonaisfosforipitoisuus oli Ollikaisen (1992) selvityksen mukaan 2,1 – 2,2 mg/g. Jos oletetaan, että syksyllä sisäinen kuormitus johtuu Onkamoilla pääosin sedimentin sekoittumisesta vesimassaan ja että sedimentin fosforista 5 % on leville käyttökelpoista, saadaan sisäisen kuormituksen sisältämäksi käyttökelpoisen fosforin osuudeksi $0,3 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.



Kuva 4. Onkamoiden fosforitase (kg/a) vuonna 1991.

6 ONKAMOIDEN TILA VUONNA 1991

6.1 Veden laatu

Onkamoiden veden laadun havainnointi on alkanut jo 1960-luvun alkupuolella. Seuranta on ollut 1960–, 1970– ja 1980-luvuilla melko harvavälistä. Onkamoiden nykytilan selvittämiseksi sekä alueen vesiensuojelun suunnittelua varten näytteenottoa on

tihennetty vuosina 1989 – 1992. Seuraavassa on lyhyesti esitetty Onkamoiden sekä siihen laskevien purojen vuoden 1991 vedenlaatuloksia. Tarkastelussa pääpaino on ollut veden happi-, a-klorofylli- ja ravinnepitoisuuksissa sekä happamuudessa ja väriarvoissa (humuspitoisuudessa).

6.1.1 Onkamot

6.1.1.1 Happi

Talviaikana Onkamoiden happitilanne on alusvedessä heikko. Syvänteistä on usein todettu jopa täydellistä happikatoa. Vuonna 1991 Pieni-Onkamonsa asemalla happi oli kulunut loppuun pohjan läheisessä vedessä maaliskuun puoliväliin mennessä (kuva 5), jolloin pohjasta mitattiin noin kahden metrin hapeton vesikerros. Myös Suuri-Onkamonsa asemilla (2, 12) happipitoisuus oli maaliskuun puolivälissä pohjanläheisessä vedessä erittäin alhainen (0,2 – 0,3 mg/l), mutta sulamisvesien ansiosta happitilanne oli huhtikuun puolivälissä jonkin verran kohentunut. Suuri-Onkamossa hapen kuluminen oli alkutalven aikana selvästi nopeampaa kuin Pieni-Onkamossa; tammikuun puolivälissä pohjan läheisen veden happipitoisuus oli Pieni-Onkamonsa syvänteessä 5,6 mg/l, mutta Suuri-Onkamossa vain noin 2 mg/l.

Kesäaikaan Onkamoiden happitilanteeseen vaikuttaa järvi-altaiden kerrostuneisuus, siis lähinnä vallitsevat sääolot. Matalahkossa Pieni-Onkamossa veden lämpötilakerrostumista ei juurikaan tapahdu, ja happitilanne on koko vesikerroksessa yleensä vähintään tyydyttävä. Suuri-Onkamossa (asema 2) sekä erityisesti sen Hasonselän syvänteessä (asema 12) vesi sen sijaan kerrostuu sääoloista riippuen ajoittain melko voimakkaasti, jolloin tehokkaan hajotustoiminnan seurauksena alusveden happipitoisuus voi laskea hyvinkin alhaiseksi. Vuonna 1991 Hasonselän asemalla pohjanläheisen veden happipitoisuus pieneni kesä-heinäkuun aikana 0,4 mg/l:aan (kuva 5). Sen jälkeen elokuusta lokakuuhun jatkunut syystäyskierto hapetti täydellisesti Onkamoiden veden.

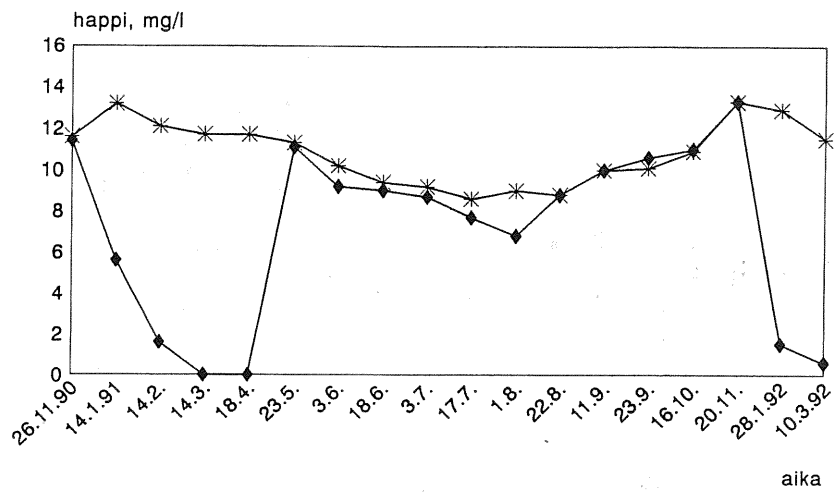
6.1.1.2 Väriluku ja happamuus

Onkamoiden vesi on kirkasta. Pintaveden väriluku oli vuonna 1991 Suuri- ja Pieni-Onkamossa 10 – 20 Pt mg/l, Hasonselän alueella sen sijaan jonkin verran suurempi, 10 – 50 Pt mg/l (kuva 6). Hasonselän veden väriarvoihin vaikuttaa valuma-alueen soisuus. Hasonselkään purkautuu lisäksi humuspitoisia kuivatusvesiä Tuoltaansuon turvetuotantoalueelta.

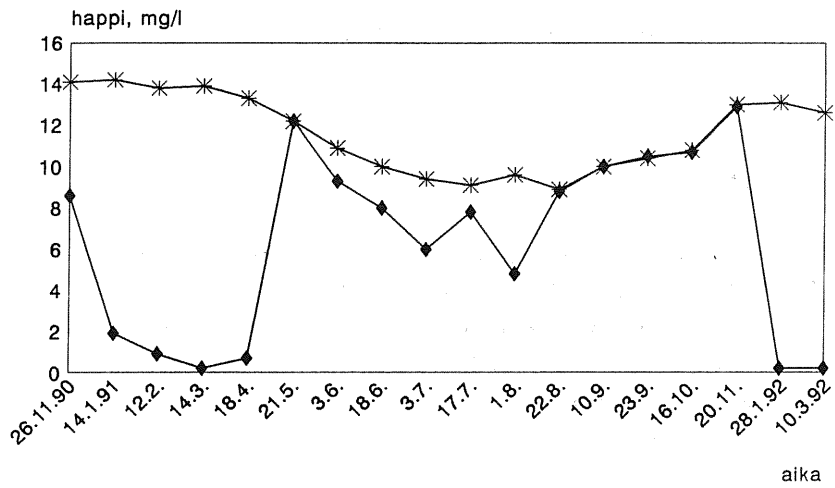
Näkösyvyys oli korkeimmillaan helmi-maaliskuussa 1991 Pieni-Onkamossa 6,5 m, Suuri-Onkamossa 7,2 m ja Hasonselällä 7,1 m. Levätuotannon lisääntymisen seurauksena vesi sameni kesäkuukausina, ja alhaisimmillaan näkösyvyys oli syyskuussa kaikilla asemilla 2,6 m. Lisäksi Lotokanjoen edustalla Pieni-Onkamossa vesi sameni kevättulvan aikana voimakkaasti lisääntyneen orgaanisen aineksen seurauksena.

Happamuudeltaan vesi on Onkamoissa yleensä lähes neutraalia tai lievästi emäksistä. Vuonna 1991 pintaveden pH oli alhaisimmillaan talvella (pH-arvo 6,8 – 7,1). Levätuotannon seurauksena pH nousi kasvukauden aikana, ja korkeimmat arvot mitattiin elokuussa (pH 7,5 – 8,3).

Pieni-Onkamo 10

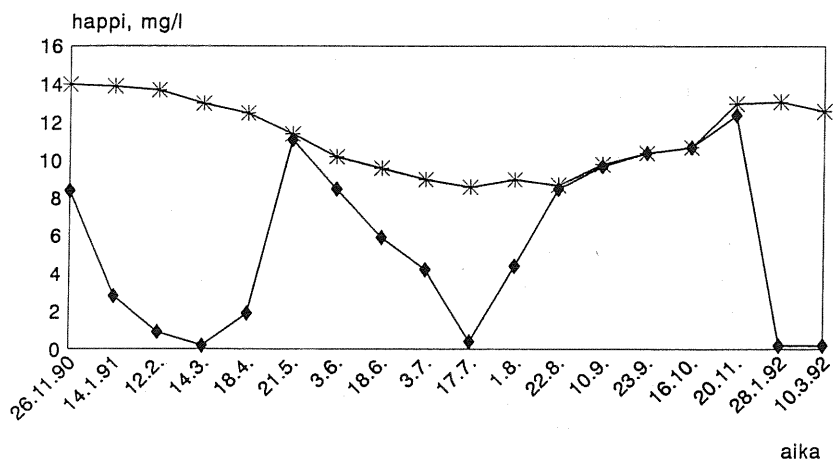


Suuri-Onkamo 2



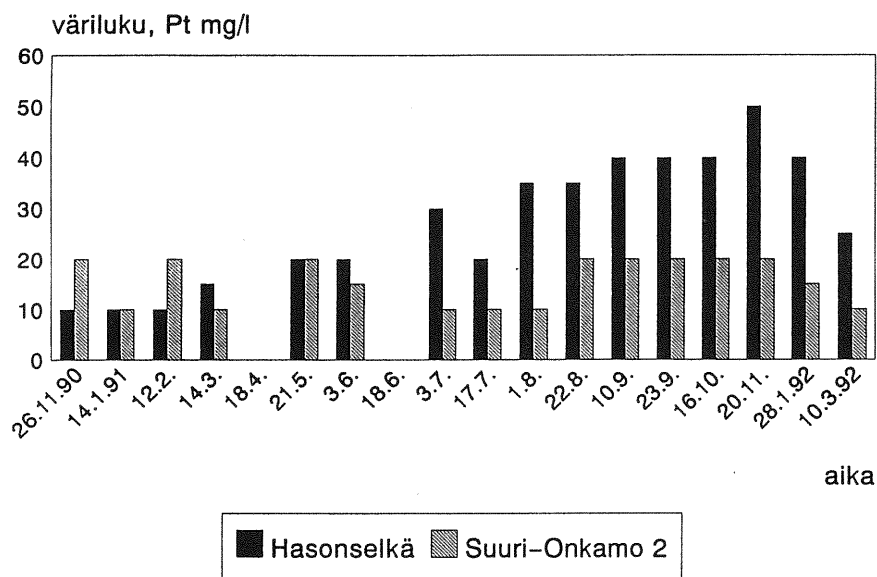
Suuri-Onkamo 12

Hasonselkä



* 1 m ♦ pohja - 1m

Kuva 5. Veden happipitoisuus Onkamon eri asemilla vuonna 1991.



Kuva 6. Veden väriluku Suuri-Onkamossa ja Hasonselässä vuonna 1991.

6.1.1.3 Ravinnepitoisuudet

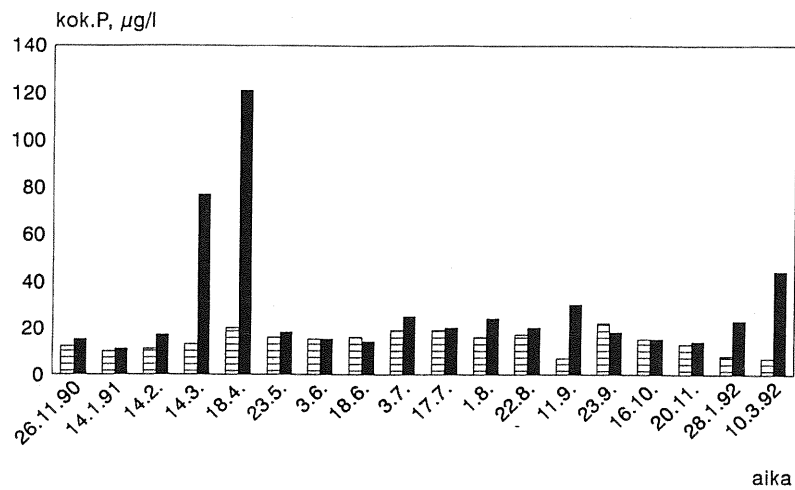
Pintaveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut Onkamoissa talviaikana melko alhainen, vuonna 1991 9 – 12 µg/l. Jääpeitteisenä aikana pohjalietteestä vapautuu heikoissa happioloissa ravinteita, erityisesti fosforia, minkä seurauksena fosforipitoisuudet ovat olleet alusvedessä talvella selvästi kohonneet (kuva 7). Maaliskuussa 1991 pohjanläheisessä vedessä kokonaisfosforipitoisuus oli Pieni-Onkamossa 121 µg/l, maaliskuussa 1992 Suuri-Onkamossa 61 – 62 µg/l.

Avovesikauden aikana pintaveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut hieman suurempi kuin talviaikana, vuonna 1991 15 – 25 µg/l (kuva 7). Alusvedessä pitoisuus on yleensä ollut jonkin verran suurempi kuin pintavedessä. Alusveden kokonaisfosforipitoisuuteen vaikuttavat oleellisesti Onkamoiden altainen kesäaikaiset kerrostuneisuusolot. Syvänteiden happitilanteen heikentyessä kerrostuneisuuskausien aikana ravinteita vapautuu pohjasta.

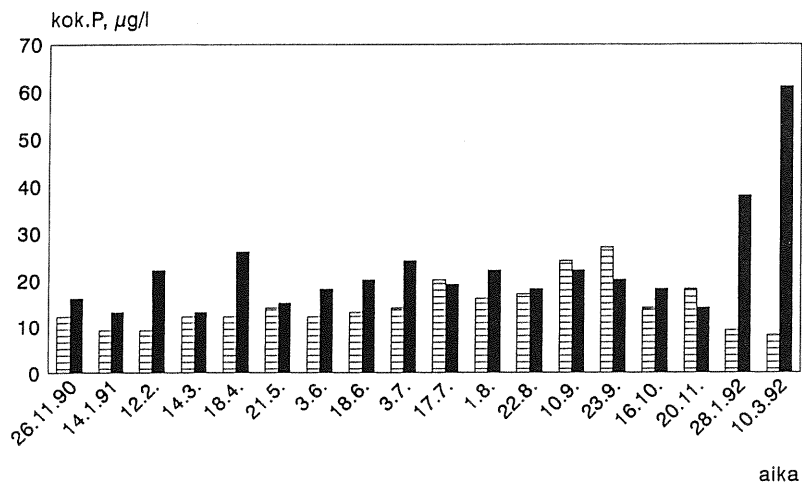
Fosfaattifosforin ($\text{PO}_4\text{-P}$) ja liuenneen fosfaattifosforin (suodatettu $\text{PO}_4\text{-P}$) pitoisuudet ovat Onkamoissa olleet pintavedessä erittäin alhaiset, yleensä alle määrittystarkkuuden. Satunnaisesti Suuri-Onkamon asemilta on mitattu vuonna 1991 muutaman mikrogramman pitoisuuksia. Pieni-Onkamossa korkein liukoisen fosfaatin pitoisuus on ollut 5 µg/l (14.3.1991).

Pintaveden kokonaistyyppipitoisuus on lievästi rehevälle vesistölle ominainen, vuonna 1991 320 – 620 µg/l (vrt. Forsberg ja Ryding 1980). Kuten kokonaisfosforipitoisuudet, myös kokonaistyyppipitoisuudet ovat alusvedessä talvikerrostuneisuuskauden aikana selvästi kohonneet. Pieni-Onkamossa pohjan läheisen veden kokonaistyyppipitoisuus huhtikuussa 1991 oli 1910 µg/l, Suuri-Onkamossa 890 µg/l ja Hasonselällä 1580 µg/l.

Pieni-Onkamo 10

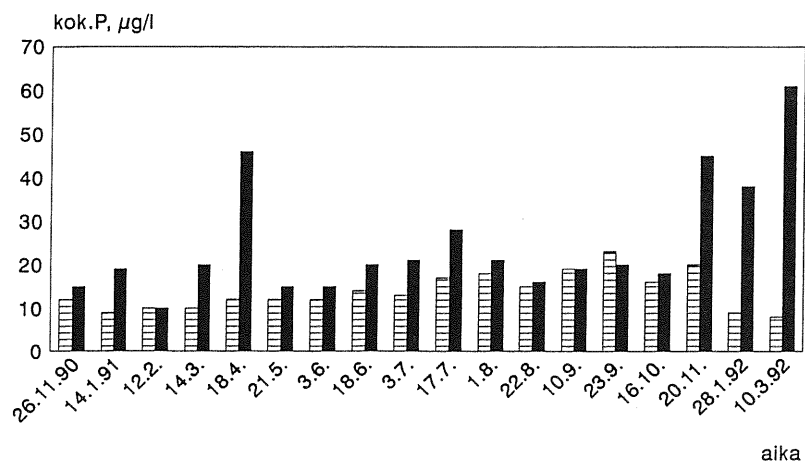


Suuri-Onkamo 2



Suuri-Onkamo 12

Hasonselkä



1 m pohja-1 m

Kuva 7. Kokonaisfosforipitoisuus Onkamon eri asemilla vuonna 1991.

Typen yhdisteistä nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuudet (mitattu summana, $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 - \text{N}$) ovat tutkimusten mukaan olleet pintavedessä yleensä alhaiset. Vuonna 1991 kasvukauden aikana pitoisuudet olivat kaikilla asemilla alle määritystarkkuuden, talvella puolestaan Pieni-Onkamossa 68 – 119 $\mu\text{g/l}$ sekä Suuri-Onkamossa ja Hasonselällä 41 – 84 $\mu\text{g/l}$.

6.1.1.4 A-klorofylli

Talvella 1991 jääpeitteisenä aikana a-klorofyllipitoisuus oli Onkamoissa alhainen, mutta kuitenkin mitattavissa (0,6 – 3,1 $\mu\text{g/l}$; kuva 8). Kevättulvan aikaan huhti-toukokuussa levätuotanto kohosi voimakkaasti, ja kevään piilevämaksimin aikaan (vrt. kasviplanktonitutkimus, kohta 6.2) a-klorofyllipitoisuus oli korkeahko (7,8 – 11 $\mu\text{g/l}$). Käyttökelpoisten ravinteiden ehtyessä veden kerrostumisen seurauksena kesä-heinäkuussa a-klorofyllipitoisuudet pienenivät, mutta kasvoivat jälleen voimakkaasti syys-kesällä täyskierron yhteydessä. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Suuri-Onkamossa syyskuussa (19 $\mu\text{g/l}$, Hasonselällä 14 $\mu\text{g/l}$) ja Pieni-Onkamossa lokakuussa (12 $\mu\text{g/l}$). Kasvukauden ajan (touko-lokakuu) a-klorofyllipitoisuuden keskiarvo oli Pieni-Onkamossa 8,2 $\mu\text{g/l}$, Suuri-Onkamossa 10,0 $\mu\text{g/l}$ ja Hasonselällä 7,7 $\mu\text{g/l}$. Arvojen perusteella Onkamot voidaan luokitella tuottavuudeltaan reheviksi (eutrofisiksi) vesistöiksi (vrt. mm. Forsberg ja Ryding 1980, OECD 1982).

A-klorofyllipitoisuus noudatteli vuonna 1991 melko hyvin kasviplanktonin kokonaisbiomassan määrää (vrt. kohta 6.2, Kansonen 1992).

Vuonna 1989 Onkamoissa esiintyi runsas sinilevien massaesiintymä eli sinileväkukinta heinäkuusta marraskuuhun. Kukinnan aikana a-klorofyllipitoisuus kohosi ajoittain erittäin korkeaksi, Suuri- ja Pieni-Onkamossa 21 – 23 $\mu\text{g/l}$ (ks. kohta 6.2).

6.1.2 Lotokanjoki ja Nivanjoki

Lotokanjoen vesi purkautuu tulvakausina Pieni-Onkamoon, muina aikoina sen sijaan suoraan Nivanjoen kautta Pyhäselkään.

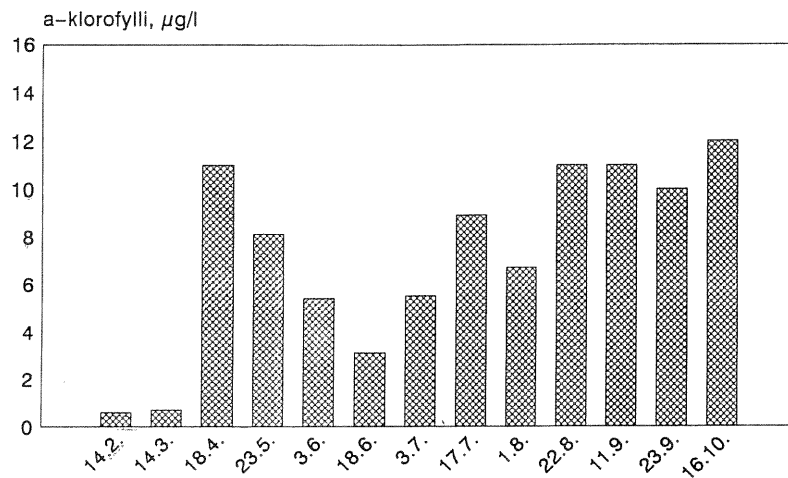
Lotokanjoen alajuoksulla (havaintoasema 44) veden laatu vaihtelee suuresti eri aikoina (kuvat 9 – 10). Vuonna 1991 veden pH oli 4,7 – 6,9, väriluku 45 – 340 Pt mg/l , kokonaisfosforipitoisuus 15 – 83 $\mu\text{g/l}$ ja kokonaistypipitoisuus 440 – 2370 $\mu\text{g/l}$. Veden pH oli yleensä alhainen samaan aikaan kuin väriluku ja ravinnepitoisuudet olivat korkeat. Korkeimmat ravinnepitoisuudet mitattiin suurien virtaamien aikaan huhti-, heinä- ja elokuussa. Lotokanjoen veden laadussa on selvästi havaittavissa Pärnänsuon turvetuotantoalueen kuivatusvesien vaikutus, mikä ilmenee veden happamuutena sekä kohonneina väriluvun ja kemiallisen hapen tarpeen arvoina sekä ravinnepitoisuuksina.

Mineralisoituneiden ravinteiden pitoisuudet olivat vedenlaatuselvitysten mukaan Lotokanjoessa selvästi suuremmat kuin Onkamoissa ($\text{PO}_4\text{-P}$ 8 – 42 $\mu\text{g/l}$, liukoinen $\text{PO}_4\text{-P}$ 5 – 17 $\mu\text{g/l}$, $\text{NO}_3 + \text{NO}_2 - \text{N}$ 124 – 1080 $\mu\text{g/l}$). Myös näiden yhdisteiden pitoisuudet olivat korkeimmillaan yleensä suurimpien virtaamien aikaan.

Nivanjoessa havaintoasemalla 68, jonka kautta Pieni-Onkamon ja Lotokanjoen vedet virtaavat, vesi on laadultaan miltei samanlaista kuin Lotokanjoessa asemalla 44. Pieni-Onkamosta purkautuvan veden laimentava vaikutus on kuitenkin havaittavissa.

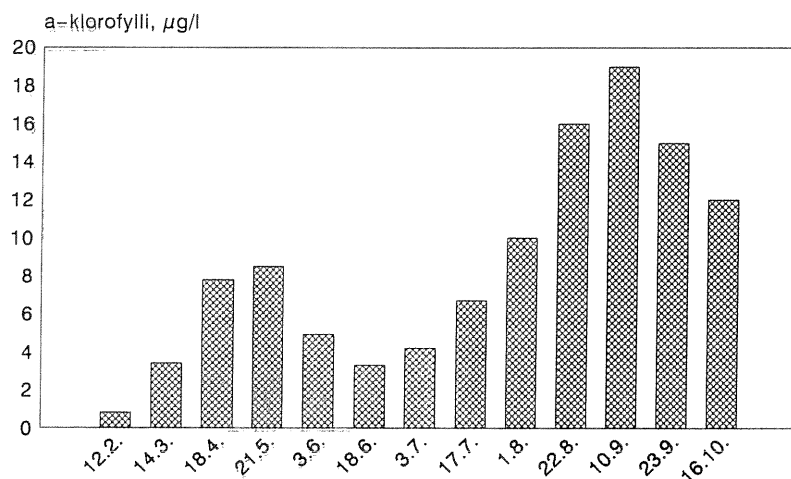
Pieni-Onkamo 10

0-2 m



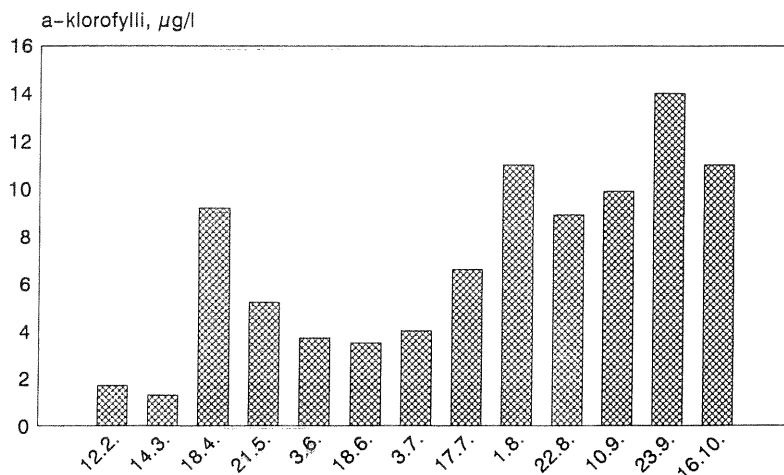
Suuri-Onkamo 2

0-2 m

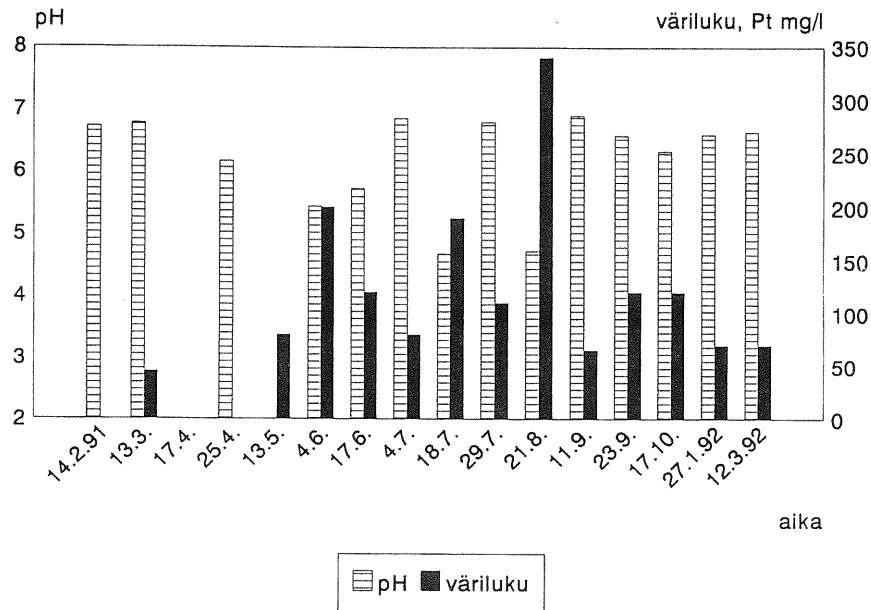


Suuri-Onkamo 12

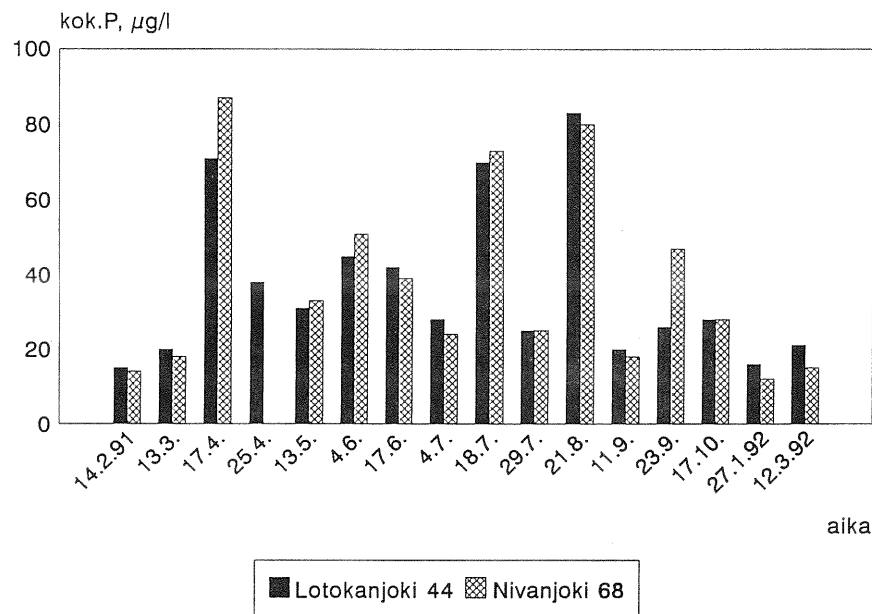
Hasonselkä



Kuva 8. A-klorofyllipitoisuus Onkamon eri asemilla vuonna 1991.



Kuva 9. Veden happamuus ja väriluku Lotokanjoessa (asema 44) vuonna 1991.

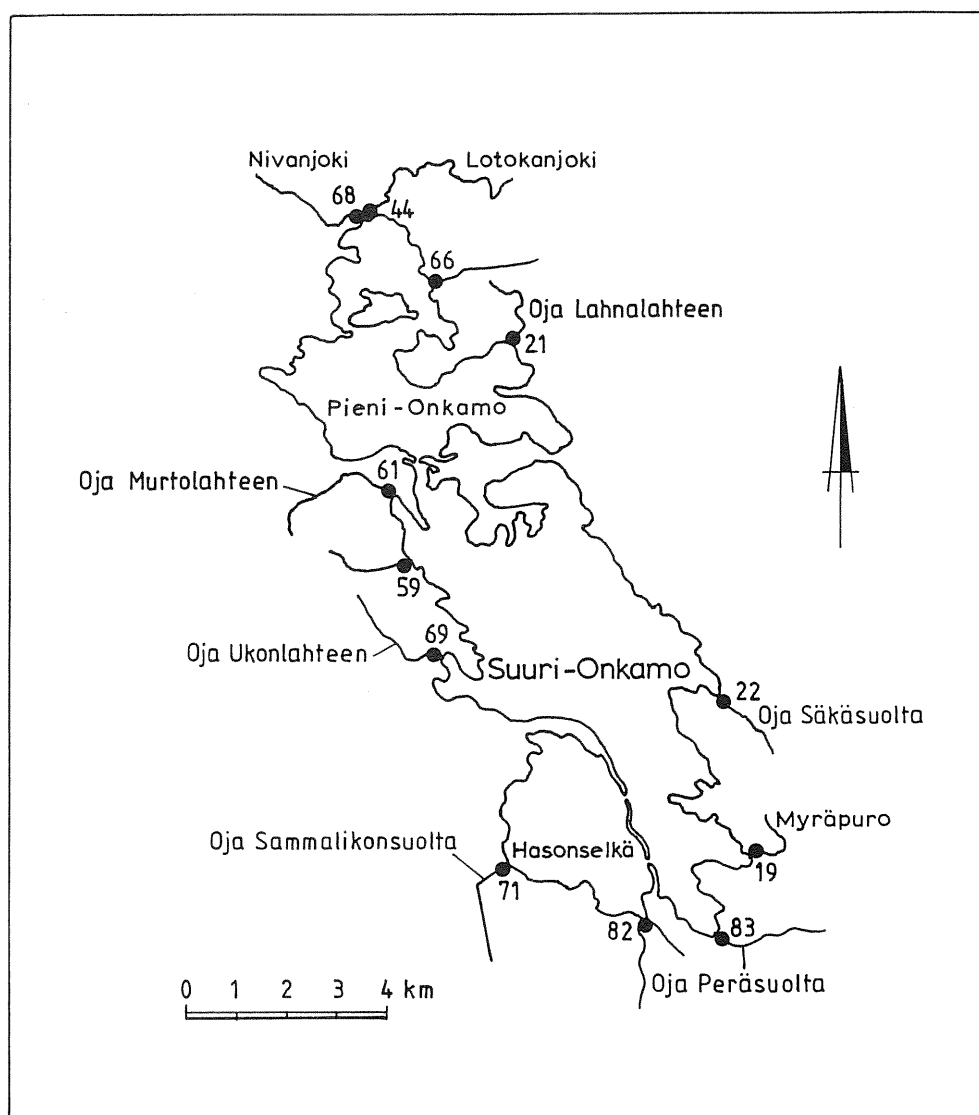


Kuva 10. Kokonaisfosforipitoisuus Lotokanjoessa ja Nivanjoessa vuonna 1991.

6.1.3 Onkamoihin laskevat purot

Kuormituslaskelmia varten vuoden 1991 aikana on selvitetty Onkamoihin lähivaluma-alueelta laskevien suurimpien purojen veden laatua. Tihennetyssä seurannassa olleiden purojen sijainti on esitetty kuvassa 11 sekä veden keskimääräinen väriluku ja ravinnepitoisuudet vuonna 1991 taulukossa 10. Ojitettujen suoalueiden kautta virtaavat mm. Suuri-Onkamon Lahnalahteen (asema 21) ja Ukonlahteen (asema 69) laskevat ojat sekä Sammalikonsuolta Hasonselkään laskeva oja (asema 71). Peltoja on erityisen

runsaasti Murtolahteen laskevan ojan (asema 61) varrella, mutta jonkin verran myös Myräpuron (asema 19) ja Säkäsuolta tulevan ojan (asema 22) valuma-alueella.



Kuva 11. Tihennetyssä seurannassa olleet Onkamoihin laskevat suurimmat purot.

Humuspitoisinta vesi oli suoalueilta virtaavissa ojissa ja puroissa (asemat 21, 69, 71 ja 83), joissa myös ravinnepitoisuudet olivat korkeat (keskimäärin P_{tot} 61 – 118 $\mu\text{g/l}$, N_{tot} 1000 – 2030 $\mu\text{g/l}$). Sammalikonsuonojan (asema 71) kautta purkautuu mm. osa Tuhtaansuon turvetuotantoalueen kuivatusvesistä Hasonselkään. Myös maanviljelys-alueilta Suuri-Onkamon Murtolahteen laskevassa ojassa (asema 61) ravinnepitoisuudet olivat korkeat, kokonaisfosforipitoisuus keskimäärin 75 $\mu\text{g/l}$ ja kokonaistyyppipitoisuus 1970 $\mu\text{g/l}$.

Fosfaattifosforin, liuenneen fosfaattifosforin ja nitraattitypen (ml. nitriittityppi) pitoisuudet olivat ojissa ja puroissa vuonna 1991 ajoittain korkeat (taulukko 10). Korkeimmat fosfaattifosforin pitoisuudet mitattiin Peräsuonpurossa (asema 83, $\text{PO}_4\text{-P}$ 165 $\mu\text{g/l}$), Korpelansuonojassa (asema 69, $\text{PO}_4\text{-P}$ 131 $\mu\text{g/l}$) sekä Murtolahteen laskevassa ojassa (asema 61, $\text{PO}_4\text{-P}$ 113 $\mu\text{g/l}$). Viimeksi mainitussa ojassa (61) myös nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuus oli suuri, muihin ojiin verrattuna yli kaksinkertainen (keskimäärin 970 $\mu\text{g/l}$). Suuria fosfaattifosforin pitoisuuksia ojissa on mitattu erityisesti

runsasvetisinä aikoina. Kuormituslaskelmien mukaan suurimpien purojen kautta Onkamoihin purkautui ajoittain arviolta 1 – 3 kg fosforia vuorokaudessa (ks. kohta 5.2).

Taulukko 10. Onkamoihin laskevien suurimpien purojen keskimääräinen veden laatu sekä vaihteluväli vuonna 1991.

Asema	n	Väriluku pt mg/l	kok.N µg/l	NO ₃ +NO ₂ -N µg/l	kok.P µg/l	PO ₄ -P µg/l
Myräpuro 19 keskiarvo	4–5	60–120 92	490–920 722	235–410 295	42–60 52	4–44 32
Oja 21 Lahnalahteen keskiarvo	3–4	210–380 270	1400–2000 2030	69–114 89	2–79 45
Oja 22 Säkäsuolta keskiarvo	4–5	70–250 114	705–1910 1150	275–560 384	21–40 33	37–34 20
Oja 61 Murtolahteen keskiarvo	9–10	90–250 132	1310–2900 1970	715–1440 970	42–158 75	3–113 56
Oja 69 Ukonlahteen keskiarvo	11–13	200–560 307	985–2480 1580	200–1090 405	97–146 118	2–103 85
Oja 71 Sammalikon- suolta keskiarvo	9–10	120–560 434	700–1790 1230	<10–100 51	39–79 61	3–52 26
Oja 83 Peräsuolta keskiarvo	11–13	140–300 220	630–1790 1000	155–355 230	78–205 111	<2–165 86

6.2 Kasviplanktonbiomassa ja -lajisto

Kasviplanktonitutkimuksen mukaan kasviplanktonin biomassa-arvot noudattivat Onkamoissa vuonna 1991 järville tyypillistä sykliä (Kansonen 1992). Arvot olivat alhaisimmillaan talvella jään alla. Keväällä biomassa kasvoi touko–kesäkuuhun saakka, minkä jälkeen arvot pienenevät. Syyskesällä saavutettiin uusi biomassahuippu, joka oli kevätmaksimia suurempi. Suurimmillaan biomassa oli Pieni-Onkamossa 7,4 mg/l (1.8.), Suuri-Onkamossa 7,8 mg/l (10.9.) ja Hasonselässä 6,6 mg/l (1.8.). Kaikkien asemien kasvukauden ajan biomassojen keskiarvo oli vuonna 1991 3,5 mg/l. Kasviplanktonbiomassan kehitys sekä eri leväryhmien osuus kokonaisbiomassasta tutkituilla havaintoasemilla vuonna 1991 on esitetty liitteissä 2 ja 3.

Onkamoiden kasviplanktonlajisto oli Kansosen (1992) mukaan vuonna 1991 eri havaintoasemilla hyvin samankaltainen. Eroja todettiin lähinnä lajien yleisyydessä.

Siimalliset nielulevät muodostivat vuonna 1991 huomattavan osan talven kasviplanktonista. Keväällä jäiden lähdettyä lisääntyivät piilevät, viherlevät ja kultalevät. Piilevistä yleisimmät olivat *Melosira italica* ja *Asterionella formosa*. Kultaleviä oli runsaimmin Pieni-Onkamon alueella. Kaikilla havaintoasemilla tavattiin kevästä lähtien pieniä *Euglena* -suvun silmäleviä sekä vaihtelevia määriä *Gonyostomum semen* -limaleviä.

Keskikesän lajisto muodostui kulta-, viher-, nielu- ja piilevistä. Kultalevistä yleisiä olivat mm. *Chrysidiastrum catenatum*, *Dinobryon bavaricum*, *Uroglena americana*, *Chromulina* spp., *Pedinella* spp. ja *Mallomonas* spp..

Elo-syyskuussa sinilevien ja viherlevien sekä myöhemmin syksyllä jälleen myös piilevien osuus kasvoi. Viherlevistä runsaimpina esiintyi *Monoraphidium dybowskii*. Sinilevistä vallitsevina olivat Suuri-Onkamossa mm. *Anabaena circinalis*, *A. spiroides*, *Gomphosphaeria naegeliana* ja *Coelosphaerium kuetzingianum* sekä Pieni-Onkamossa *Aphanothece clathrata* ja *Microcystis reinboldii*. Sinilevähuipun aikana Onkamoissa esiintyi myös sinileväkukintoja. Hasonselän ja Suuri-Onkamon välisestä salmesta 1.8.1991 otetussa kukintanäytteessä valtalajeina olivat *Anabaena*-lajit, varsinkin *Anabaena circinalis*, ja *Gleotrichia*-lajit.

Piilevien runsas esiintyminen lisäsi syksyistä levien kokonaisbiomassaa. Runsaimpina lajeina esiintyivät *Melosira ambigua*, *M. italica*, *M. islandica*, *M. granulata*, *Rhizosolenia longiseta*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa* ja *Tabellaria fenestrata*.

Onkamoiden kasviplanktonlajistossa oli Kansosen (1992) mukaan monia eutrofisyyteen (rehevyyteen) viittaavia piirteitä. Sinilevälajistoon kuuluivat säännöllisesti mm. *Microcystis reinboldii*, *Anabaena spiroides* ja *A. circinalis*. Syyskesällä esiintyi useaan otteeseen sinileväkukintoja, ja *Gleotrichia* -yhdyskuntia oli silminnähden runsaasti koko kesän. Myös Chlorococcales -lahkon viherlevien runsas esiintyminen samoin kuin Euglenales -lajien jatkuva esiintyminen kuvastaa vesistön tuottavuutta. Tikkasen (1986) mukaan Euglenales-levien runsaus on suoraan verrannollinen vesistön ravinteiden määrään. Piilevistä eutrofian indikaattorilajeja olivat *Melosira granulata* ja *Fragilaria crotonensis*.

Rehevyyttä ilmentävien lajien lisäksi Onkamoiden kasviplanktonlajistossa esiintyi kuitenkin myös oligotrofisten (karujen) vesien lajeja. Esimerkiksi kultaleviä pidetään yleensä oligotrofisten järvien lajeina. Onkamoissa esiintyi useita oligotrofian indikaattoreiksi luettavia kultalevälajeja.

Heinonen (1980) on esittänyt vesistöjen rehevyysluokituksen, joka perustuu keskikesän näytteistä määritettyihin kasviplanktonin kokonaisbiomassa-arvoihin. Luokituksessa järvi on eutrofinen, kun sen biomassa on 2,5 – 10 mg/l. Tähän luokkaan myös Onkamot – biomassa keskimäärin 3,5 mg/l – Kansosen (1992) mukaan kuuluvat.

Onkamoiden kasviplanktonlajistoa ja -biomassaa on selvitetty myös 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa (Turkila 1986). Tuolloin Onkamot luokiteltiin lievästi rehevöityneiksi vesistöiksi.

Vuonna 1989 Pieni-Onkamossa esiintyi laaja-alainen sinileväkukinta, joka kesti heinäkuusta pitkälle syksyyn. Myös Suuri-Onkamossa sinileviä oli samaan aikaan runsaasti. Valtalajeina kukinnan aikaan esiintyivät heinä-elokuussa *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis reinboldii* ja *Anabaena circinalis*, loka-marraskuussa puolestaan *Aphanizomenon flos-aquae* ja *Oscillatoria agardhii*. Kasviplanktonin biomassa oli kukinnan aikaan suurimmillaan Pieni-Onkamossa 7,2 mg/l ja Suuri-Onkamossa 10,8 mg/l.

Pitkään kestäneen sinilevien massaesiintymän myrkyllisyyden selvittämiseksi Pieni- ja Suuri-Onkamon ulappa-alueilta otettiin 24.10.1989 näytteet myrkyllisyydesteihin. Näytteiden myrkyllisyys tutkittiin Helsingin yliopiston mikrobiologian laitoksella. Tulosten mukaan näytteet olivat myrkyttömiä.

6.3 Pohjaeläimistö

6.3.1 Yleistä

Vuonna 1991 toteutetun pohjaeläinselvityksen mukaan Onkamoiden alue on kohtalaisesti, paikoin melko voimakkaasti rehevöitynyt (Liljaniemi 1992). Tutkimuksessa Onkamoissa esiintyi 75 pohjaeläintaksonia, 49 Pieni-Onkamossa, 68 Suuri-Onkamossa ja 45 Hasonselällä.

Eri syvyysvyöhykkeet jaettiin tutkimuksessa kolmeen ryhmään: syvänealueeseen (7–12 m), alempaan litoraaliin (5 m) ja litoraaliin (3 m). Seuraavassa on lyhyesti esitetty pohjaeläintutkimuksen tulokset. Pohjaeläinten kokonaisbiomassat ja yksilömäärät eri alueilla on esitetty liitteessä 4.

6.3.2 Ranta-alue, litoraali (3 m)

Kaikilla näyteasemilla ranta oli kolmen metrin syvyydessä kivikkoista. Litoraali-alueen (3 m) pohjaeläinten biomassa ja yksilötiheys vaihtelivat suuresti keväällä ja syksyllä Suuri-Onkamossa, Pieni-Onkamossa ja Suuri-Onkamon Hasonselällä vaihtelu sen sijaan oli melko vähäistä. Rinnakkaisnäytteiden välillä oli kaikilla alueilla suurta vaihtelua, mikä kuvastaa ranta-alueiden elinympäristöjen laikuttaisuutta. Kaikilla tutkituilla alueilla pohjaeläinten kokonaisyksilömäärät ja myös -biomassat olivat suurimmillaan litoraali-alueella.

Ranta-alueella lajisto kuitenkin poikkesi huomattavasti syvempien alueiden lajistosta. Liljaniemen (1992) mukaan litoraalin lajisto ilmentää niukkaravinteisempia oloja kuin syvempien alueiden eläimistö.

Surviaissääskistä ranta-alueella esiintyi runsaimmin *Cladotanytarsus*-, *Tanytarsus*- ja *Procladius*-sukujen lajeja. Yleisiä olivat myös *Polypedium*-suvun lajit, jotka ilmentävät mesotrofiaa. Keväällä pohjaeläimistössä esiintyi jonkin verran Orthocladinae-heimon surviaissääskiä, joita pidetään oligotrofian ja mesotrofian ilmentäjinä (mm. *Psectrocladius psilopterus*, *Zalutschia zalutschicola*). Syksyllä näitä lajeja oli kuitenkin vähän.

Harvasukamadoista yleisin oli *Spirosperma ferox*, jota pidetään oligotrofian indikaattorina. Ranta-alueella esiintyi runsaasti myös rehevöitymistä osoittavia *Limnodrilus hoffmeisteri*- ja *Tubifex tubifex* -lajeja. Harvasukamatojen osuus kokonaisbiomassasta oli litoraalissa pienempi kuin muissa syvyysvyöhykkeissä.

Valkokatka (*Pontoporeia affinis*) esiintyi runsaana varsinkin Suuri-Onkamon litoraalissa. Valkokatka on oligotrofian ilmentäjä. Suuri-Onkamossa ja Hasonselällä olivat yleisiä myös päiväkorennot *Caenis noraria* ja *Ephemera vulgata*, joista jälkimmäisen

katsotaan ilmentävän niukkatuottoisuutta. Ranta-alueilla esiintyi melko runsaasti myös *Pisidium*-suvun hernesimpukoita.

6.3.3 Alempi litoraali (5 m)

Suuri-Onkamossa ja Hasonselällä viiden metrin syvyysvyöhykkeen pohjaeläinten biomassa-arvot sekä laji- ja yksilömäärät olivat alhaisemmat kuin muissa syvyyksissä. Tämä syvyysvyöhyke näyttää olevan litoraalin ja syvänealueen lajiston vaihtumisvyöhyke. Pieni-Onkamossa sen sijaan biomassa oli viiden metrin vyöhykkeessä samaa luokkaa kuin litoraalissa, mutta lajimäärä kuitenkin alhainen. Lajistossa surviaissääsket (mm. *Procladius* sp.) dominoivat, mutta myös harvasukamatoja ja hernesimpukoita (*Pisidium* sp.) esiintyi jonkin verran.

6.3.4 Syvänealueet (7 – 12 m)

Syvänteiden lajisto oli pohjaeläintutkimuksen mukaan eri alueilla hyvin samankaltaista, samoin yksilömäärät olivat varsin yhtenevät. Poikkeuksen muodosti Suuri-Onkamon alue keväällä 1991, jolloin biomassat ja yksilömäärät olivat alhaiset. Tulokset viittaavat heikkoihin happioloihin edellisenä talvena.

Rusaimmin syvänteissä esiintyi *Chironomus* -suvun surviaissääskiä (*C. anthracinus*, *C. muratensis*, *C. plumosus*), jotka kestävät niukkahappisia oloja ja ilmentävät eutrofiaa. Myös litoraalissa runsaana esiintyvät *Procladius*-toukat olivat yleisiä syvänteissä. Surviaissääskien osuus kokonaisbiomassasta oli noin 90 %. Harvasukamadoista runsaslukuisin oli *Tubifex tubifex* (Suuri- ja Pieni-Onkamossa), ja nilviäisistä *Pisidium*-hernesimpukat, joita esiintyi eniten Pieni-Onkamossa.

Pohjan laatua kuvaavien indeksien (BQI ja CI) arvojen perusteella Suuri-Onkamo on kohtalaisen eutrofinen, Pieni-Onkamon alue puolestaan voimakkaasti eutrofinen.

6.4 Pohjasedimentti

Pohjasedimenttitutkimuksen mukaan Pieni-Onkamon ja Suuri-Onkamon (ml. Hasonselkä) pohjaliete oli tasalaatuista liejusavea, jossa ei ollut havaittavissa kerrostuneisuutta (Ollikainen 1992). Piilevälajistoltaan Suuri-Onkamon ja Hasonselän alueet olivat samankaltaisia, Pieni-Onkamo sen sijaan poikkesi edellä mainituista selvästi. Piilevälajiston stratigrafiset kuvaajat on esitetty liitteessä 5.

Piilevätutkimuksen perusteella Pieni-Onkamon tila näyttää olleen samanlainen koko näytteen kattaman ajan. Tuottavuudeltaan Pieni-Onkamo on tutkimuksen mukaan lievästi rehevä (mesotrofinen) tai lähes rehevä (eutrofinen). Piilevälajisto koostuu nykyisin pääosin planktisista lajeista (esim. *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*), joista useat ilmentävät rehevyyttä.

Suuri-Onkamon ja Hasonselän piilevälajistossa sen sijaan on tapahtunut tutkimuksen mukaan viime vuosikymmenien aikana selviä muutoksia. Vanhimpien näytteiden planktisten lajien runsas ja litoraalisten lajien vähäinen määrä viittaa veden olleen aikoinaan tummaa tai sameata. Lisäksi vanhimpien näytteiden valtalajisto (mm.

Aulacoseira ambigua, *A. granulata*) kuvastaa rehevyyttä. Tutkimuksen mukaan arviolta 1900-luvun keskivaiheilla lajisto on kuitenkin muuttunut mesotrofisten ja karujen järvien lajistoksi. Myös jonkin asteista veden kirkastumista näyttää tapahtuneen, mistä kertoo kirkkaita vesiä suosivan *Cyclotella iris*-lajin ilmaantuminen piilevälajistoon. Viime vuosina rehevyyttä kuvaavien lajien (mm. *Aulacoseira*-lajit sekä *Fragilaria crotonensis*, *Synedra acus* ja *Asterionella formosa*) osuus on jälleen lisääntynyt, mikä Ollikaisen (1992) mukaan kuvastaa voimistuvaa rehevöitymistä.

Vuosisadan alkupuolella veden laatuun lieenee Ollikaisen (1992) mukaan vaikuttanut entisten aikojen maankäyttö, mm. kaskeaminen ja pellavan liotus (vrt. Vänskä 1991). Myös veden pinnan lasku on vaikuttanut oleellisesti veden laatuun.

Sedimentin kemiallisten määritysten perusteella Suuri- ja Pieni-Onkamon pohjalietteet eivät paljoakaan poikenneet toisistaan. Kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet olivat suurimmillaan sedimentin pintakerroksessa. Pintakerroksen (0–6 cm) kokonaistyyppipitoisuudeksi mitattiin Pieni-Onkamossa noin 14 mg/g, Suuri-Onkamossa 11 – 13 mg/g ja Hasonselässä noin 12 mg/g kuiva-ainetta. Pintakerroksen kokonaisfosforipitoisuus oli vastaavasti Pieni-Onkamossa noin 1,8 – 2,1 mg/g, Suuri-Onkamossa 1,6 – 2,0 mg/g ja Hasonselässä 1,5 – 2,2 mg/g kuiva-ainetta. Ravinteiden kerääntyminen sedimentin pintakerrokseen kuvastaa rehevöitymistä.

Orgaanisen aineksen määrä oli suurin Hasonselässä ja pienin Suuri-Onkamossa. Hasonselkään huuhtoutuu runsaasti orgaanista ainetta valumavesien mukana. Sedimentin kemiallisten määritysten tuloksia on koottu liitteeseen 6.

Kaikissa tutkimuksen sedimenttinäytteissä erottui selvä hehkutushäviön minimikohta, jonka on tutkimuksessa tulkittu edustavan järven laskua 1930-luvulla. Tutkittujen näytesarjojen arvioitiin tällä perusteella edustavan vähintään 100 vuoden jaksoa. Samalla tavalla arvioiden saadaan sedimentaatioksi Pieni-Onkamossa noin 0,3 mm/v ja Suuri-Onkamossa noin 0,2 mm/v.

6.5 Yhteenveto Onkamoiden tilasta ja käyttökelpoisuudesta

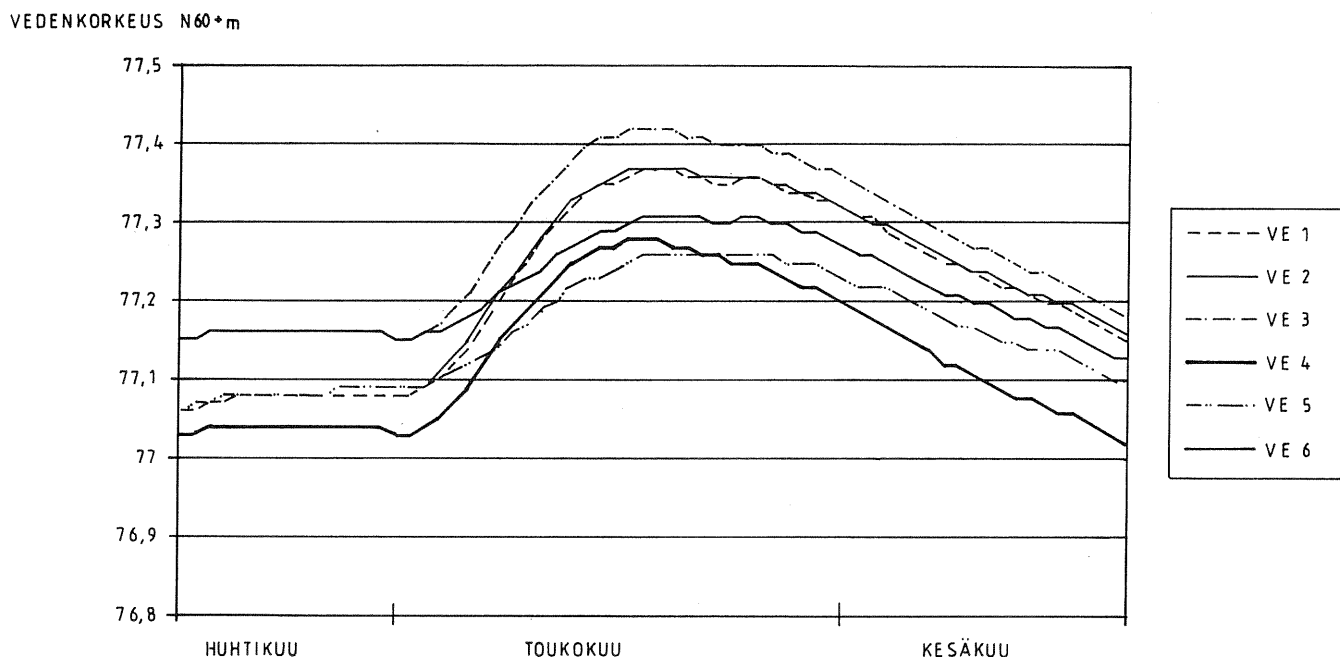
Ravinnepitoisuuksien perusteella Onkamot ovat tuottavuudeltaan lähinnä lievästi reheviä (mesotrofisia). Biologisten muuttujien, kuten a-klorofyllipitoisuuden, kasviplanktonbiomassan ja pohjaeläimistön perusteella Onkamot ovat kuitenkin selvästi reheviä (eutrofisia) vesiä. Kasviplankton- ja pohjaeläinlajistossa esiintyy kuitenkin rehevyyttä indikoivien lajien lisäksi myös niukkatuottoisuutta (oligotrofiaa) ilmentäviä lajeja. Esimerkiksi Suuri-Onkamon ranta-alueilla esiintyy yleisesti niukkatuottoisuutta suosivia pohjaeläinlajeja, kuten valkokatkaa.

Veden laadullinen käyttökelpoisuus on Onkamoissa tyydyttävä (yleisluokka III). Luokan määrytymiseen ovat vaikuttaneet lähinnä veden a-klorofyllipitoisuus kasvu-kauden aikana, happipitoisuus (alusveden heikko happitilanne kerrosteisuuskausina) sekä kokonaisfosforipitoisuus (luokitusohjeet vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Käyttökelpoisuutta ovat viime vuosina heikentäneet toistuvat leväkukinnat, verkkojen limoittuminen sekä vesikasvillisuuden lisääntyminen matalilla ranta-alueilla. Ajoittain loppukesällä Onkamoita voidaan käyttää välttävästi mm. uintiin (virkistyskäyttöluokka IV). Kalastukseen Onkamot soveltuvat kuitenkin erityisesti talvella erinomaisesti. Onkamoista on edelleen saatu Pohjois-Karjalan parhaat muikkusaaliit.

7 VEDENKORKEUKSIEN TASOITTAMINEN

7.1 Vedenkorkeus eri laskentavaihtoehdoissa

Vuoden 1992 tulovesimäärillä lasketut vedenkorkeusvaihtelut tutkituissa tilanteissa 1 – 6 on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Onkamon vedenkorkeus eri vaihtoehdoissa.

Ve 1 = nykyinen tila,

Ve 2 = pohjapato, harja +76.80, alapuolinen uoma nykyinen

Ve 3 = pohjapato, harja +76.90, alapuolinen uoma nykyinen

Ve 4 = pohjapato, harja +76.80, alapuolinen uoma ruopattu 20 cm

Ve 5 = pohjapato, harja +76.80, Lotokanjoen vedet johdetaan suoraan Nivanjokeen.

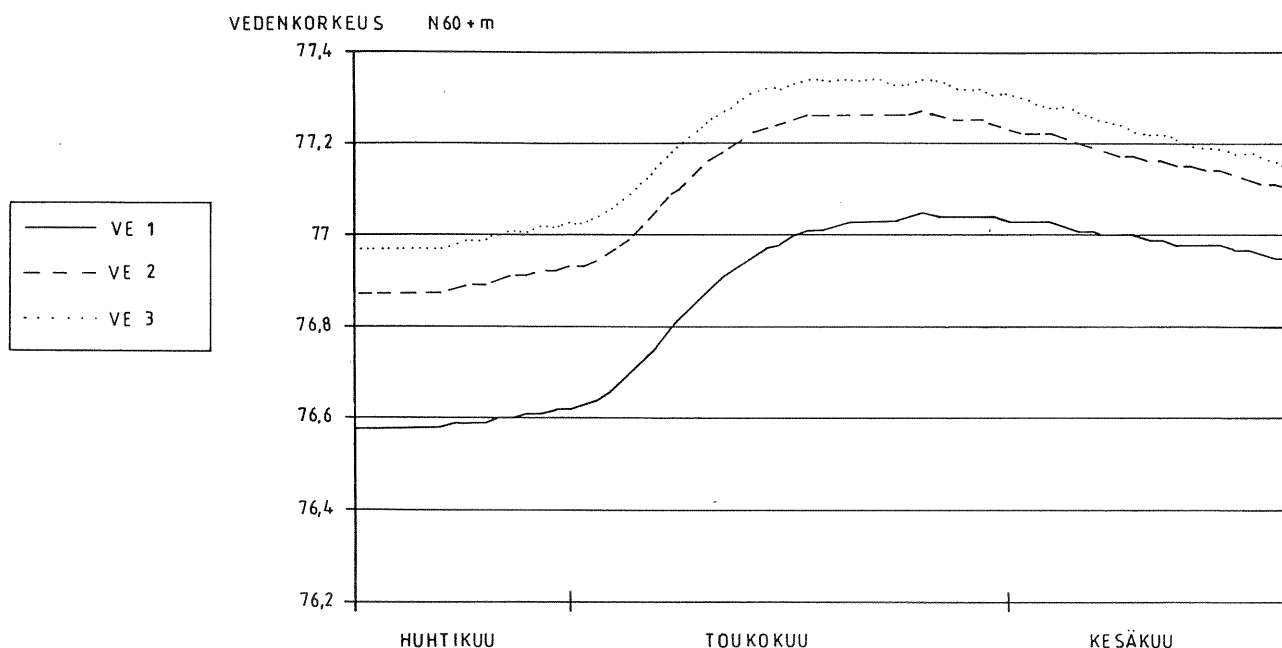
Uoma on ruopattu siten, että padotus uomassa ei kasva nykyisestä.

Ve 6 = pohjapato, harja +76.90, muutoin kuten Ve 5.

Pohjapato (vaihtoehdot 2 – 3, harjataso +76.80 tai +76.90) ei vuoden 1992 tilanteessa juurikaan olisi vaikuttanut kaikkein ylimpiin vedenkorkeuksiin. Tämä johtui siitä, että järvi oli ennen sulamisen alkamista tavallista korkeammalla, jolloin pohjapato ei enää vaikuta purkautumiseen. Sen sijaan joka vuosi keskimäärin toistuvan yliveden korkeuden, kun lähtövedenkorkeus on alempana, voidaan arvioida vaihtoehdoissa 2 – 3 nousevan. Asiaa tutkittiin käyttämällä vuoden 1992 vesimääriä sellaisessa tapauksessa, jolloin Onkamon vedenkorkeus on alemmalla tasolla (kuva 13). Tällöin ylivedet nousisivat vaihtoehdosta riippuen noin 10 – 20 cm.

Keskiveden korkeus (nykyisin MW= +77.05) nousisi vaihtoehtoissa 2 – 3 alustavien arvioiden mukaan harjatasolla +76.80 noin 7 – 9 cm ja harjatasolla +76.90 noin 11 – 13 cm. Kesäveden korkeus (nykyisin MW₆₋₉ = +77.07) nousisi vastaavasti noin 6 – 8 cm ja 10 – 12 cm. Alivesikorkeudet nousisivat pohjapadon harjatason ollessa +76.80 noin 20 cm ja harjatason ollessa +76.90 noin 30 cm.

Vaihtoehdossa 4 Nivanjoen ruoppaus alentaisi Onkamon tulvakorkeuksia, koska Nivanjoen purkautuminen paranisi nykyisestä. Vuoden 1992 tulva olisi alentunut noin 8 cm. Pohjapadon alaveden alentaminen noin 20 cm:llä vaatisi arviolta noin 20 000 m³:n ruoppauksen. Keski- ja kesävedenkorkeudet olisivat likimäärin vaihtoehtoja 2 – 3 vastaavat. Alivesikorkeudet nousisivat pohjapadon harjakorkeudesta riippuen 20 – 30 cm.



Kuva 13. Ylivesikorkeus vaihtoehtoissa 2 – 3 (selitykset tekstissä).

Mikäli Lotokanjoen vedet purkautuisivat suoraan Nivanjokeen (vaihtoehdot 5 – 6), vähentyisivät myös Onkamoon tulevat vesimäärät. Nivanjoen vesimäärät sen sijaan kasvaisivat. Olettamalla, että alapuolista uomaa ruopataan siten, että Nivanjoen purkautuminen tapahtuisi nykyistä vastaavasti 4 m³:a suuremmilla virtaamilla, olisi vuoden 1992 tulvan ylin vedenkorkeus alentunut pohjapadon harjan korkeudesta riippuen 8 – 3 cm. Vedenkorkeusvaihtelut vähenisivät noin 30 cm, mikä on noin 40 % nykyisestä kokonaisvaihtelusta. Keski- ja kesävedenkorkeudet olisivat likimäärin vaihtoehtojen 2 – 3 mukaiset.

Nivanjoen virtaamat kasvaisivat vaihtoehtoissa 5 – 6 huomattavasti. Vuoden 1992 maksimivirtaama Nivanjoessa oli noin 6,0 m³/s. Pohjapadon harjakorkeudella +76.90 ja edellä esitetyllä purkautumisella Nivanjoen virtaaman maksimiarvoksi tulisi noin 16 m³/s. Virtaama kasvaisi siten lähes 2,5-kertaiseksi. Nivanjoen ranta-alueiden kuivastustilanteen ennallaan säilyttämiseksi tulisi joen poikkipinta-alaa lisätä samassa suhteessa, mikä merkitsisi suuruusluokaltaan noin 150 000 m³:n ruoppauksia.

7.2 Hankkeesta aiheutuvat hyödyt, haitat ja kustannukset

Arvioitaessa hankkeen hyödyllisyyttä on todettava, että esitetyt toimenpiteet eivät tulisi merkittävästi parantamaan Onkamoiden veden laatua. Kuormituslaskelmien mukaan Lotokanjoen osuus Onkamoihin tulevasta fosforikuormasta on 6 – 7 %. Pieni-Onkamon kuormituksessa Lotokanjoen merkitys on suurempi, arviolta noin 20 %. Vedenkorkeuden nousu kasvukauden aikana pienentäisi jonkin verran vesikasvillisuuden kasvualaa ja alivesikorkeuksien kohottaminen nostaisi myös pohjan jäätymisrajaa, mikä parantaisi mahdollisesti jonkin verran kalojen elinoloja ja lisääntymismahdollisuuksia. Hankkeesta koituisi hyötyä myös järven virkistyskäytölle parantuneiden rannankäyttömahdollisuuksien johdosta. Toisaalta, haittoja veden laadulle tai rantojen käytölle (maa- ja metsätaloudelle) esitetystä lievästä vedenkorkeuden nostosta ei voida ennalta arvioiden katsoa merkittävästi muodostuvan.

Vaikutukset alapuolisessa vesistössä jäisivät vaihtoehtojen 2 – 3 osalta hyvin vähäisiksi, koska virtaamamuutokset olisivat hyvin pieniä. Vaihtoehdossa 4 alapuolisten ranta-alueiden kuivatus jopa parantuisi jonkin verran. Vaihtoehdot 5 ja 6 aiheuttaisivat huomattavaa haittaa alapuolisella vesistönosalla, ellei Nivanjoen ruoppausta toteutettaisi samassa yhteydessä, kun Lotokanjoen vedet ohjataan suoraan Nivanjokeen. Ruoppaukset aiheuttaisivat niin ikään melkoista haittaa alapuolisessa vesistössä, mm. samentumina sekä myös kalataloudellisina ja maisemallisina haittoina.

Pohjapadon rakentamiskustannukset olisivat vuoden 1992 hintatasossa noin 50 000 – 100 000 mk. Vaihtoehdon 4 ruoppaustöiden arvo olisi noin 200 000 – 300 000 mk. Vaihtoehdot 5 – 6 vaatisivat noin 1 500 000 mk:n ruoppaukset ja noin 100 000 – 200 000 mk:n pengerrystyöt.

7.3 Toteuttamisedellytykset

Kaikkien edellä esitettyjen vaihtoehtojen toteuttaminen vaatii vesioikeuden luvan. Lupaa tulee hakea sen, joka vastaa hankkeesta aiheutuvista velvoitteista ja korvauksista sekä rakentamiskustannuksista.

Mikäli yleisen tarpeen voidaan katsoa vaativan hankkeen toteuttamista tai hankkeesta aiheutuvat hyödyt nähdään siitä aiheutuviin vahinkoihin ja haittoihin nähden huomattaviksi, on hankkeella edellytykset luvan saamiseen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että Onkamon rannanomistajien ja Nivanjoen varren maanomistajien sekä myös Pyhäselän ranta-asukkaiden tulisi yksimielisesti olla hankkeen takana.

Vedenkorkeuksien tasoittaminen on hankkeena suuri ja sen vaikutukset saattavat olla varsin merkittäviä ja laaja-alaisia. Hankkeen jatkosuunnittelu edellyttää näin ollen täydentäviä tutkimuksia.

8 VESIENSUOJELUTAVOITTEET

8.1 Vesiensuojelun tavoiteohjelma

Valtioneuvosto teki 6.10.1988 periaatepäätöksen vesiensuojelun tavoiteohjelmaksi vuoteen 1995. Tavoiteohjelmassa maataloudelta edellytetään suhteellisesti samaa kuormituksen vähennystä kuin muiltakin kuormitusta aiheuttavilta toiminnoilta. Peltoviljelystä aiheutuvaa kuormitusta tulee ohjelman mukaan vähentää noin kolmannes. Lisäksi vanhojen karjasuojien lannan ja puristenesteen varastointi, käsittely ja levitys tulee saattaa tasolle, jota edellytetään nykyisin uusilta tuotantoyksiköiltä, ellei tarkoituksena ole tuotannon lopettaminen vuoteen 1995 mennessä. Vanhojen turkistarhojen kuormitusta tulee niin ikään vähentää huomattavasti.

Tavoiteohjelma edellyttää vesiensuojelun huomioon ottamista myös metsätaloustoiminnassa. Metsämaiden ojitus, lannoitus, hakkuut ja muokkaus tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että pinta- ja pohjavesille aiheutuu mahdollisimman vähän haittoja. Lisäksi kaikilla turvetuotantoalueilla on ryhdyttävä asianmukaisiin vesiensuojelutoimiin.

8.2 Tavoitteet Onkamoilla

Vesiensuojelun suunnittelun yhteydessä tehtyjen selvitysten mukaan Onkamot ovat olleet jo luontaisesti runsastuottoisia järviä. Tähän viittaavat pohjasedimentin piilevätutkimuksen tulokset (Ollikainen 1992) samoin kuin Onkamoista kautta aikojen saadut suuret kalansaaliit (vrt. mm. Kankkunen ja Karhapää 1981). Myös Järnefelt (1956, ref. Turkia 1986) on pitänyt Onkamoita jo 1950-luvulla eutrofisina. Onkamoiden mataluus, altain morfometria sekä veden kirkkaus samoin kuin valuma-alueen ominaisuudet ovat tekijöitä, jotka mahdollistavat suuren tuottavuuden. Ominaisuuksiltaan Onkamot muistuttavatkin Säkylän Pyhäjärveä (vrt. mm. Sarvala ja Jumppanen 1988). Luontaisesta tuottavuudesta huolimatta rehevöityminen ja sen aiheuttamat ongelmat ovat kuitenkin viime vuosien aikana tutkimusten mukaan Onkamoilla lisääntyneet.

Onkamoilla on tärkeä merkitys mm. alueen kalastukselle. Suuri-Onkamosta saadaan nykyisin läänin parhaat muikkusaaliit. Lisäksi Onkamot ympäristöineen ovat lähikuntien tärkeä virkistysalue. Uhkakuvana nähdään jatkuva rehevöityminen, joka vaikeuttaisi järven virkistyskäyttöä, taannuttaisi hyvän muikkukannan sekä kiihdyttäisi matalien ranta-alueiden umpeenkasvua. Toistuvat pitkäaikaiset sinileväkukinnat estäisivät uinnin ja järven muun virkistyskäytön.

Ihmisen toiminnasta aiheutuvaa ulkoista kuormitusta vähentämällä Onkamoita ei voida muuttaa niukkatuottoiseksi pitkälläkään aikavälillä. Vesiensuojelun tavoitteena tuleekin olla rehevöitymiskehityksen pysäyttäminen ja rehevöitymisestä aiheutuvien ongelmien ja haittojen vähentäminen. Tavoitteena on toisin sanoen leväongelmien väheneminen, matalien ranta-alueiden umpeenkasvun estäminen sekä kalaston, erityisesti muikun, elinolojen turvaaminen. Rantarakentamisessa tavoitteena on vesimaisemaan sopeutuva, rannat mahdollisimman luonnontilaisina säilyttävä rakentaminen.

Kuormituksen vähentämistavoitteiden lähtökohtana tulisi olla vesistön tila. Kun ensin määritellään korkein hyväksyttävä rehevyystaso, voidaan mallien avulla arvioida

enimmäiskuormitus (tavoitekuorma). Tämä voidaan jo nykyisin tehdä järville, joissa sisäinen kuormitus ei ole merkittävää ja joissa fosfori rajoittaa tuotantoa. Sen sijaan matalissa järvissä, joissa sedimentin aiheuttamalla sisäisellä kuormituksella on suuri merkitys, tavoitekuorman määrittäminen on vaikeaa (Kauppi 1992). Ulkoisen kuormituksen välittömän vaikutuksen lisäksi pitäisi pystyä myös arvioimaan, kuinka ulkoisen kuormituksen vähentyminen vaikuttaa fosforin vapautumiseen sedimentistä.

Kaikissa oloissa ulkoisen kuormituksen vähentäminen mahdollisimman alhaiseksi (siedon alittavaksi) on kuitenkin ensimmäinen edellytys rehevöitymiskehityksen pysäyttämiseksi (mm. Lappalainen 1990). Onkamoilla kuormituksen vähentämistavoitteet ovat seuraavat:

- 1) Maatalouden aiheuttamaa kuormitusta tulee vähentää tavoiteohjelman mukaisesti niin, että peltoviljelyn fosforikuormitus pienenee vähintään kolmanneksen ja vanhojen karjasuojien suorat päästöt loppuvat (vrt. Vesien-suojelun tavoitteet vuoteen 1995). Myös tyyppikuormitusta tulee vähentää merkittävästi.
- 2) Metsätalouden, haja- ja loma-asutuksen, turvetuotannon ja turkistarhauksen aiheuttamaa fosforikuormitusta pienennetään niin ikään vähintään kolmanneksella. Tällöin myös tyyppikuorma vähenee.
- 3) Metsä- ja turvetalouden aiheuttamaa kiintoainekuormaa vähennetään merkittävästi.

9 TOIMENPIDE-ESITYKSET

9.1 Kuormituksen vähentäminen

9.1.1 Yleistä

Edellä kohdassa 8 esitettyjen tavoitteiden toteutuminen merkitsee Onkamoihin lähialueelta tulevan kuormituksen vähenemistä noin 650 kg:lla vuodessa eli 30 %. Tästä maatalouden osuus on noin 400 kg/a. Kaiken kaikkiaan Onkamoiden kokonaisfosforikuormitus pienenesi noin neljänneksen.

Yksityiskohtaisia ulkoisen kuormituksen vähentämiskeinoja on esitetty Onkamaille vuonna 1991 laaditussa vesiensuojeluoppaassa (Onkamot 1991). Seuraavassa on esitetty tärkeimmät keinot kuormituksen vähentämiseksi.

Vesiensuojelutoimenpiteiden vaikuttavuutta Onkamoiden tilaan tullaan seuraamaan vesi- ja ympäristöpiirin toimesta. Lisäksi suunnitelmassa esitettyjen toimenpiteiden toteutumista seurataan mm. valvonta-, tarkastus- ja tilakäyntien yhteydessä.

9.1.2 Maatalous

Maatalouden vesistökuormitusta selvitelleen yhteistutkimusprojektin (MAVERO) lopuraportissa kuormituksen vähentämiskeinoina on esitetty (Rekolainen ym. 1992):

- 1) Muokkauksen keventäminen
- 2) Suojakaistat
- 3) Lannoituksen vähentäminen
- 4) Viherkesannointi
- 5) Karjanlannan käytön kehittäminen
- 6) Kuivatustekniikan kehittäminen

Nurmivaltaisella Onkamoiden lähivaluma-alueella eroosion merkitys on arvioitu melko vähäiseksi (Iivanainen 1992). Nurmien lannoitus sen sijaan on Onkamoiden alueella vesiensuojelullinen ongelma. Mm. nurmien pintalannoitus lisää leville käyttökelpoisen liukoisin fosforin huuhtoutumista merkittävästi. Näin ollen nurmen viljely rantapelloilla voi lisätä ravinnekuormitusta entisestään. Lisäksi nykyisten lannoitus-suositusten mukaan esimerkiksi fosforia joutuu peltoon selvästi yli kasvien tarpeen. Fosforin saamiseen viljelykasveille käyttökelpoisempaan muotoon, lähinnä kalkitukseen, tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Mitä tarkemmin maataloudessa käytettävät ravinteet saadaan kasvien käyttöön, sitä vähemmän niitä pääsee vesistöihin.

Peltoviljelyssä huuhtoutumista ja kuormitusta voidaan vähentää seuraavin keinoin:

Eroosio

- Maan hyvän peruskunnon ylläpitäminen; kevennetty muokkaustekniikka, kasvivuorotus, kalkitus ja salaojitus
- Viherkesannointi. Muokatusta maasta huuhtoutuu enemmän ravinteita kuin kasvuston peittämältä pellolta. Kasvipeite on myös tehokas eroosion estäjä.
- Suositaan salaojitusta. Toimiva salaojitus vähentää eroosiota.
- Rinnepelloilla viljellään nurmia.
- Valtaojien ja pienien vesiuomien varsille jätetään riittävän leveä muokkaamaton suojakaista. Useimmissa tapauksissa 1–2 metrin levyinen kaista on riittävä.
- Rantapelloilla vesistön varteen jätetään 5–30 m leveä pysyvän kasvillisuuden peittämä suojavyöhyke. Tällöin pellolta tuleva maa-aines sekä ravinteet pidättyvät suojavyöhykkeen maaperään.
- Vesistön varsilla pellot kynnetään rantaviivan suuntaisesti tai pellon alaosassa 20–30 m levyiset päisteet kynnetään uoman tai rantaviivan suuntaisesti. Vesistöön rajoituvilla kaltevilla rinnepelloilla syyskynnöstä luovutaan kokonaan.
- Uomaerosion vähentämiseksi valtaojiin rakennetaan laskeutusaltaita, joita voi käyttää myös kasteluun. Valtaojien perkauksen ja ojien kaivun yhteydessä maa-aineksen pääsy vesistöön voidaan estää ojitusteknisin ratkaisuin, esimerkiksi lietekuopilla. Vesiensuojelullisesti perkausten paras ajankohta on alkukesä.

Lannoitus

- Sijoituslannoitus. Käytettäessä karjanlanta lietelanta ja virtsa mullataan levityksen yhteydessä.
- Lanta levitetään peltoon sulan maan aikana keväällä ja/tai kesällä, ei talvella
- Nurmiviljelyssä mahdollisimman suuri osa lannoitteesta annetaan jo nurmen perustamisvaiheessa, jolloin ravinteet voidaan mullata muokkauskerrokseen. Nurmivuosina fosforia käytetään vain ensimmäisellä lannoituskerralla.

- Lannoitus suunnitellaan muutaman vuoden välein tehtävien viljavuustutkimusten perusteella ottaen huomioon viljeltävän kasvin ravinnevaatimukset sekä lannan mukana peltoon levitettävät ravinteet.

Kotieläintilojen vesiensuojelussa on tärkeää, että lantalat ovat tiiviitä ja riittävän suuria, jotta lanta voidaan levittää sulan maan aikana. Talvilevityksestä tulee luopua. Lanta tulisi levittää peltoon ensisijaisesti keväällä, koska syksyllä kynnön alle levitetystä lannasta ravinnehukka on suurempi kuin keväällä levitetystä lannasta. Varastoimistila pitäisi mitoittaa vähintään 12 kk:n varastoimisaikaa varten. Tähän perustuvat myös vesi- ja ympäristöhallituksen sekä maatilahallituksen rakentamisohteet (taulukko 11). Lisäksi on huomioitava varastoihin joutuvien pesu-, puristeneste-, sade- ym. vesien edellyttämä tilantarve. Tilavuudesta voidaan vähentää käytettävää laidunkautta vastaava osuus. Vesiensuojelun kannalta kuivikelantala on lietelantalaa parempi ratkaisu.

Lisäksi kotieläintalouden vesiensuojelua voidaan edistää seuraavin keinoin:

Lannan varastointi ja levitys

- Kuivikelanta varastoidaan lantalassa, jossa on tiivis pohja ja vähintään 0,5 m korkeat reunat. Lantala suositellaan myös katettavaksi. Turve sopii hyvin kuivikkeeksi.
- Lanta levitetään siten, että sitä ei pääse valumaan ojaan tai vesistöön. Huuhtoutumisvaaraa vähennetään jättämällä vesistöjen rantaan ja valtaojien varsille vähintään 10 m levyisiä suojakaistoja, joille lantaa ei levitetä.
- Maa muokataan mahdollisimman pian lannan levityksen jälkeen. Lietelannan ja virtsan levityksessä tulisi käyttää multaavaa levitysvaunua.
- Tulvavaaran alaisia rantapelloja ei lannoiteta karjanlannalla.
- Kesannolle levitetään lantaa vasta välittömästi ennen kylvöä.
- Lannan ja puristenesteen sisältämät ravinteet otetaan huomioon väkilannoitusta suunniteltaessa, jotta välttyään yllilannoitukselta. Usein lannan tai puristenesteen ohella tarvitaan vain väkilannoitetyyppeä.
- Lannan levitykseen tulee varata riittävästi peltoalaa. Enimmäiseläinmäärä peltohehtaaria kohti on: nautoja 1,7, lihamulleja 3, nuorkarjaa 7, lihasikoja 10.
- Työteknisistä syistä kuivikelantaa, turvelantaseosta ja kompostilantaa voidaan varastoida lantapatterissa pellolla. Patteri suositellaan peitettäväksi.

Säilörehun valmistus

- Säilörehu tulisi valmistaa joko laakasiiloissa tai torneissa. Aumojen käytöstä tulisi luopua. Jos aumojä käytetään, tulee huolehtia myös puristenesteen keräämisestä talteen.
- Puristeneste kerätään joko omaan säiliöön tai johdetaan virtsakaivoon tai lietelantasäiliöön ja käytetään rehuna tai lannoitteena.
- Puristenesteen määrää voidaan vähentää välttämällä rehun valmistusta sateella, esikuivaamalla rehu ja estämällä sadeveden pääsy säiliöön työn aikana.

Pesuedet

- Maituhuoneen jätevedet johdetaan erillisen saostuskaivon kautta maaperäkäsittelyyn. Laitteiden pesussa tulisi käyttää vähän fosforia sisältäviä pesuaineita.

Taulukko 11. Kuivalantalan sekä virtsa- ja lietelantasäiliön ohjetilavuudet 12 kk:n varastoimisajaksi varten (Karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje, 1990).

Eläinlaji	Varastoimistilavuus, m ³ /eläin		
	Kuivike- lanta	Virtsa	Lietelanta
Lypsylehmä*	12,0	8,0	24,0
Hieho, emolehmä, lihanauta, siitossonna	9,0	4,0	15,0
Nuorkarja < 8 kk	3,0	1,5	5,0
Emakko porsaineen	3,0	3,5	7,0
Lihaseika, siitossika	0,8	1,2	2,4
Hevonen	12,0		
Poni	8,0		
Lammas, uuhi karitsoineen	1,5		
Munituskana, broileremo	0,05		0,1
Kalkkuna	0,03		
Broileri, kananuorikko	0,015		

* Korkeatuottoisille karjoille suositellaan taulukossa esitettyjä lukuja suuremmat varastotilavuudet.

9.1.3 Metsätalous

Onkamoiden vesistöalueella ojituksia on suoritettu viime vuosina muutaman sadan hehtaarin alueella vuosittain. Metsälannoituksia on tehty vähän. Metsätalouden merkitys tulee nykyisestä selvästi kasvamaan, mikäli Metsä 2000 -mietinnössä esitetyt hakkuu- ym. tavoitteet toteutetaan (vrt. Ahti 1990).

Metsätalouden kuormituksen minimoimiseksi vesiensuojelunäkökohdat tulee huomioida jo hankkeiden suunnitteluvaiheessa. Vesiensuojelua edistävät toimet tulisi suunnitella vesistöjen valuma-alueittain, jolloin myös alapuolinen vesistö otetaan huomioon. Mm. ojituksista aiheutuva kiintoainekuorma voidaan poistaa hyvällä suunnitellulla lähes kokonaan.

Metsänhoitotoimien aiheuttamia haitallisia vaikutuksia vesistössä voidaan vähentää seuraavien keinoin:

- Kaikessa metsänparannus- ja metsänhoitotyössä jätetään vesistön varteen suoja-
vyöhyke.
- Käytetään mahdollisimman kevyitä maanmuokkausmenetelmiä. Turhaa muokkausta
vältetään.
- Samalla kohteella ojitukset ja hakkuut toteutetaan eri aikaan tulvariskin ja muiden
vesistöhaittojen vähentämiseksi.
- Lannoitukset suoritetaan sulalle maalle. Lannoitetaan vain hyväpuustoisia, kasvavia,
ajoissa harvennettuja havupuuvaltaisia metsiä.
- Suuria käsittelyaloja vältetään.
- Ojituskohdeet valitaan tarkoin. Metsänkasvatukseen soveltumattomat suot jätetään
ojitustoiminnan ulkopuolelle.

- Ojitukset toteutetaan mahdollisuuksien mukaan vähävetisinä kausina kesällä. Työt jaksotetaan osa-alueittain. Suuret ojitusalat kaivetaan jaksottain usean vuoden aikana.
- Eroosioherkät alueet jätetään mahdollisuuksien mukaan ojittamatta ja myös muokkaamatta.
- Ojien syöpymistä voidaan estää normaalia loivemmilla sivuluiskilla sekä hidastamalla veden virtausta pohjapatojen avulla ja suunnittelemalla ojat vinosti pääkaltevuutta vastaan, jolloin myös kuivatusteho on parempi.
- Eroosiota voidaan estää myös jättämällä ojiin kaivukatkoja tai rakentamalla tilapäispatoja, joiden yli virtaus tapahtuu pintavaluntana. Ojia ei kaiveta vesistöön asti.
- Ojiin tehdään lietekuoppia ja laskeutusaltaita kiintoaineksen keräämiseksi. Kuopat ja altaat sijoitetaan riittävän kauas vesistöstä. Ne tyhjennetään tarvittaessa.
- Puronotkot jätetään metsätalouden tehokkaimpien toimien ulkopuolelle. Myös tarpeetonta purojen perkaamista vältetään.

9.1.4 Haja- ja loma-asutus

Nykytekniikalla haja-asutuksen fosforikuormitusta voidaan vähentää jopa 70 – 90 % nykyisestä. Tällöin myös muu kuormitus vähenee merkittävästi. Pienten yksiköiden jätevesien käsittelystä on julkaistu erilliset ohjeet (Santala 1990).

Eräille Onkamon alueille on suunniteltu varsin tiivistä omakotirakentamista. Näillä alueilla jätevesien käsittely tulisi suunnitella kokonaisuutena. Käsittelymenetelmä harkitaan tapauskohtaisesti, mm. tontin maaperä ja muut olot huomioon ottaen.

Viime vuosina suuntauksena on ollut loma-asuntojen siirtyminen ympärivuotiseen käyttöön. Se merkitsee yleensä mökkien varustetason kohottamista, ja mm. vesikäymälän rakentamista sekä runsaasti vettä kuluttavien pesukoneiden hankintaa. Tällöin tulee myös jätevesien käsittelyyn kiinnittää erityistä huomiota.

Keinoja haja- ja loma-asutuksen kuormituksen vähentämiseksi ovat:

- Kunnallisen viemäriverkon läheisyydessä olevat kiinteistöt liitetään verkkoon.
- **Vesistön välittömässä läheisyydessä** vesikäymälöiden vedet kootaan tiiviiseen säiliöön, joka tyhjennetään säännöllisesti. Jätevedet kuljetetaan jätevedenpuhdistamolle tai muokataan peltoon. Vähävetinen käymälä säästää tyhjennyskustannuksia.
- Suositaan kompostikäymälää.
- Pesuvedet selkeytetään saostuskaivoissa, minkä jälkeen ne imeytetään maahan tai käsitellään maasuodattimessa.
- Joissain tapauksissa voi olla tarpeen myös pesuvesien kerääminen säiliöön ja kuljettaminen muualle käsiteltäviksi tai kaikkien jätevesien käsittelemistä pienpuhdistamossa.
- **Muilla alueilla** jätevedet johdetaan saostuskaivon kautta imeytysojastoon tai -kenttään, mikäli tontin koko on riittävä ja maaperä on imeytykseen sopivaa. Maahan imeytys ei kuitenkaan ole mahdollista mm. savimailla, kallioisilla alueilla eikä vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla.
- Saostuskaivojen ja umpisäiliöiden tulee olla tiiviitä. Niiden kunto tarkastetaan säännöllisesti. Saostuskaivot tyhjennetään tarpeen vaatiessa, 1–2 kertaa vuodessa.
- Viemäroimättömillä alueilla pyykinpesussa käytetään fosfaatittomia pesuaineita.
- Loma-asutuksessa suositaan kuiva- tai kompostikäymälää.
- Loma-asuntojen pesuvedet imeytetään saostuskaivojen kautta maahan.
- Organiset jätteet kompostoidaan huolellisesti.

9.1.5 Turvetuotanto

Turvetuotantoalueiden vesiensuojelu toteutuu parhaiten, kun vesiensuojelu- ja kuivatustoimenpiteet suunnitellaan samanaikaisesti. Luotonen ja Turunen (1991) ovat selvittäneet turvetuotantoalueiden vesiensuojelua sekä sen tehostamistarvetta Pohjois-Karjalassa. He ovat todenneet Pärnänsuon ja Tuohtaansuon tuotantoalueen tehostamistarpeesta seuraavaa:

* Pärnänsuo

- tuotantoalueen ulkopuolelta tulevat valumavedet tulee ohjata tuotantoalueen ohitse eristysojilla
- jo rakennetut laskeutusaltaat tulee kunnostaa, osaa myös laajentaa
- alueelle on rakennettava kuusi uutta laskeutusallasta

* Tuohtaansuo

Tuohtaansuolle on valmistunut joulukuussa 1990 suunnitelma tuotantoalueen peruskuivatuksen parantamiseksi. Suunnitelma sisältää myös ne toimenpiteet, joilla alueen vesiensuojelutoimenpiteitä tulee tehostaa. Suunnitelmassa on esitetty mm. seuraavat toimenpiteet:

- ulkopuolisten valumavesien ohjaamiseksi tuotantoalueen ohitse alueelle kaivetaan eristysojat
- eristysojien alapäihin rakennetaan laskeutusaltaat
- sarkaojien päissä olevia päisteputkia uusitaan
- sarkaojien alapäihin kaivetaan liettaskut
- alueella olevat laskeutusaltaat kunnostetaan
- alueelle rakennetaan uusia laskeutusaltaita

Onkamon alueella sijaitsevan Tuohtaansuon tuotantoalueen lohkon 1 vesiensuojelujärjestelyt toteutetaan tuottajan toimesta vuoden 1993 aikana. Pärnänsuon tuotantoalueen vesiensuojelutoimet on saatettu loppuun syksyn 1992 aikana. Tuotantoalueiden vesiensuojelurakenteiden toimivuus edellyttää jatkuvaa kunnossapitoa.

9.1.6 Turkistarhaus

Turkistarhoilta aiheutuva kuormitus syntyy pääosin huuhtoutumalla, kun tarha-alueelta virtaavat vedet pääsevät kosketuksiin eläinten ulosteiden kanssa. Suuri-Onkamon rannassa sijaitsevalla turkistarhalla vesiensuojelua voidaan parantaa rakentamalla eläinsuojiiin tiiviit reunoin varustetut alustat ulosteiden keräämistä varten. Myös lantavaraston alle tulisi rakentaa tiivis alusta. Ulosteet tulisi poistaa häkkien alta vähintään 4 – 6 kertaa vuodessa. Olki- ja ulostejätteet kompostoidaan pellolla. Lisäksi turkistarhan vesistökuormitusta voitaisiin vähentää merkittävästi tarha-alueen suoto-vesien maahan imeytyksellä tai vastaavalla käsittelyllä.

9.2 Rehevöitymishaittojen vähentäminen

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on ensimmäinen toimenpide rehevyyshaittojen estämiseksi. Järvissä, joissa sisäinen kuormitus on hallitseva, pelkkä kuormituksen vähentäminen ei kuitenkaan useinkaan ole riittävä keino järven tilan kohentamiseksi. Tarvitaan lisäksi toimia, jotka vähentävät myös sisäistä kuormitusta (vrt. mm. Lappalainen 1990).

Rehevöitymishaittojen poistamiseen, nk. järven kunnostukseen, on olemassa useita itse järveen kohdistuvia menetelmiä (vrt. Ilmavirta 1990). Näitä ovat mm. veden ja pohjasedimentin hapettaminen, veden ja sedimentin kemikaalikäsittely, pilaantuneen sedimentin poisto, alusveden juoksutus sekä biomanipulaatio. Ottaen huomioon Onkamoiden koko, ongelmat sekä limnologiset ominaisuudet realistisin vaihtoehto rehevöitymishaittojen vähentämiseksi näyttäisi olevan biomanipulaatio eli ravintoketjukuristus.

Biomanipulaatio on vesistön kunnostusmenetelmä, jossa tavoitteena on vähentää veden leväsamennusta ja sisäistä ravinnekuormitusta harventamalla rehevöitymisen myötä vesistöön kehittynyt liian runsas särkikalakanta (Kairesalo ym. 1990). Samalla vesistöstä saadaan poistettua suuri määrä ravinteita. Biomanipulaation perusajatuksena on vähentää eläinplanktonia ravintonaan käyttävien kalojen määrää, jolloin suurikokoiset eläinplanktonilajit pääsevät runsastumaan. Nämä puolestaan syövät entistä enemmän leviä, minkä seurauksena leväsamennus vähenee. Tavoitteena on pääasiassa leväbiomassan ja/tai sinilevien dominanssin, siis leväkukintojen vähentäminen. Torpström ja Lappalainen (1992) ovat korostaneet, että biomanipulaatio ei ole vaihtoehto muille kunnostusmenetelmille, vaan se on lähinnä niitä täydentävä toimenpide. Biomanipulaatiollakaan ei saada tuloksia aikaan, ellei ulkoista kuormitusta ensin vähennetä mahdollisimman pieneksi.

Vähäarvoisten kalojen vähentämiseen voidaan käyttää lähinnä kahta menetelmää: valikoivaa tehokalastusta erilaisilla pyydyksillä ja petokalaistutuksia. Nämä vaihtoehdot ovat toisiaan täydentäviä.

Rehevissä vesissä kalabiomassat ovat usein yli 500 kg ha^{-1} , ja vallitsevina kalalajeina ovat särkikalat (Marttinen ja Sammalkorpi 1986). Tällaisissa vesissä tehokalastuksen vähimmäistavoitteeksi on asetettava $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, mikä edellyttää suurta työmäärää (Kairesalo ym. 1990). Tehokalastus tulisi lisäksi toteuttaa mahdollisimman kattavasti koko vesialueella käyttäen erilaisia pyydyksiä kalastusalueen laajuudesta ja syvyydestä riippuen. Tehopyyntiä on jatkettava 3 – 4 vuotta, jotta kaikki tehopyynnin alkaessa järvessä olevat särki-ikäluokat tulevat pyynnin kohteeksi.

Biomanipulaatiota on Suomessa kokeiltu mm. Tuusulan Rusutjärvellä sekä Lahden Vesijärvessä (Kairesalo ym. 1990, Torpström ja Lappalainen 1992). Säkylän Pyhäjärvessä kalakantojen vaihtelujen on todettu vaikuttavan selvästi veden laatuun (Sarvala ja Jumppanen 1988). Vuosina 1987 kalansaaliin kautta Pyhäjärvestä on poistettu noin 30 % ulkoisen kuormituksen tuomasta fosforista. Keskimääräinen kalansaaliis Pyhäjärvestä on ollut yli $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Biomanipulaatio on kunnostusmenetelmänä melko uusi, minkä vuoksi sen kustannuksia on vaikea arvioida. Rusutjärvellä tehokalastuksen kustannukset ovat olleet noin 15 mk/kg ja Lahden Vesijärvellä 4,5 mk/kg (Kairesalo ym. 1990). Lappalainen ja Sep-

pänen (1990) ovat arvioineet pyynnin hinnaksi 4 mk/kg. Onkamoilla toteutettavan tehopyynnin (oletus 10 – 20 kg/ha) kustannuksiksi voidaan edellä esitetyn perusteella karkeasti arvioida noin 200 000 – 400 000 mk/a.

Biomanipulaation avulla Onkamoissa esiintyviä levähaittoja voitaisiin mahdollisesti lieventää. Tuloksellinen tehopyynti edellyttää kuitenkin yksityiskohtaista suunnittelua mm. pyydetävän kalamäärän arvioimiseksi. Nyt käytettävissä olevien tietojen pohjalta voidaan alustavasti arvioida, että vähäarvoisen kalan tehopyynnin tarve on noin 10 – 20 kg/ha vuosittain.

9.3 Rantarakentaminen

Niin yleisen kuin yksityisenkin edun tavoitteena tulisi olla veden laadun ja rantojen säilyttäminen mahdollisimman luonnontilaisina. Kuntien uusimpien rakennusjärjestysten mukaan maalle rakentamisessa on mahdollisuuksien mukaan säilytettävä rakennuspaikan luonnonmukaisuus sekä säästettävä arvokkaita kasvillisuuden reunavyöhykkeitä, luonnon merkittäviä kauneusarvoja ja erikoisia luonnonesiintymiä. Rantarakentamisen osalta on edellytetty, että rakennuspaikan rantavyöhykkeen kasvillisuus säilytetään. Rakennusten vähimmäisetäisyyttä rantaviivasta on lisätty entisestään. Rakentamista voidaan suunnitellusti ohjata kaavoituksen kautta.

Rantarakenteet vaikuttavat olennaisesti ympäristön viihtyisyyteen, minkä vuoksi ne tulisi suunnitella huolellisesti. Lupakysymykset on aina selvitettävä etukäteen. Suunnittelun tavoitteena tulisi olla tasapainoisen vesimaiseman luominen rannan luonnontilan muuttuessa. Pieneltäkin tuntuvat vesistöön rakentamishankkeet kannattaa suunnitella huolellisesti, että vältettäisiin luonnonpiirteistä selvästi poikkeava maisemaan sopimaton rakentaminen. Erityisesti matalilla ja ruohikkoisilla alueilla rannan kunnostuksen huolellisen suunnittelun merkitys tulee korostetusti esille.

Rantarakentamista suunniteltaessa tulee huomioida seuraavat seikat:

Laiturin tekeminen

Vesilain yleiskäyttöoikeuden nojalla rannan omistaja tai haltija saa tehdä laiturin toisen vesialueelle ilman lupaa. Vaikka laissa ei ole määriteltykään suoraan laiturin enimmäiskokoa tai sen rakentamistapaa, voidaan Onkamoiden luonnonoloihin soveltuvana pitää enimmäispituudeltaan noin 10 metrin laituria. Suositeltavin tapa on tehdä laituri puurakenteisena pontooneilla tai pohjaan kiinteästi tuettuna. Laituripenkereen tekeminen maa- tai kiviaineksesta johtaa usein rakenteen tarpeettoman suureen leveyteen ja saattaa aiheuttaa rakenteelle vesioikeuden luvan hakemisen tarpeen.

Rannan ruoppaaminen

Matalan rannan syventämistä sekä kivien ja vesikasvillisuuden poistoa voi vähäisessä määrin tehdä ilman vesioikeuden lupaa. Lähtökohtana on tällöin aina pidettävä sitä, että kaivumassat kuljetetaan maalle johonkin maisemallisesti sopivaan paikkaan. Massojen kasaaminen vesialueelle penkereeksi, tekosaareksi tai rantaviivan suuntaiseksi täytöksi ei ole vesilain mukainen ratkaisu. Kun ruoppaustyö ei ole merkitykseltään vähäinen, siitä on lain mukaan ilmoitettava ennakolta vesialueen omistajalle, kalastuskunnalle ja sekä vesi- ja ympäristöpiirille. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ilmoitus on tehtävä aina silloin, kun ruopattava massamäärä on useamman sadan kuution

suuruinen tai työstä voidaan olettaa aiheutuvan haittaa tai vahinkoa ulkopuolisille. Vähäisestäkin kaivusta on syytä aina kuitenkin keskustella etukäteen naapureiden ja kalastuskunnan kanssa.

Aallonmurtajat, suojapenkereet ja rannan täyttö

Pääsääntöisesti vesialueen täyttäminen vaatii vesioikeuden luvan. Nykyisen oikeuskäytännön mukaan luvan saanti yksityisiin hankkeisiin on ollut ilman erityisiä syitä vaikeaa.

Pengertiet saariin

Tiepenkereen tekemiseen vesialueelle tarvitaan pääsääntöisesti vesioikeuden lupa. Joissakin tapauksissa vesioikeuden lupa saattaa olla tarpeen myös rakennettaessa vesialueeseen liittyvälle luonnonarvojen kannalta arvokkaalle vesijätölle tai luhta-alueelle.

Lisäksi on syytä korostaa, että Onkamojärvien vesialue kuuluu jakokunnille, eikä rannan omistajalla tai haltijalla ole siihen vesilain yleiskäyttöoikeuksia lukuunottamatta muuta kuin enintään vesialueen osakkaan oikeus. Vesialueen omistajan suostumus antaa oikeuden vain alueen käyttöön, minkä lisäksi toimenpiteeseen voidaan vielä tarvita vesioikeuden lupa.

10 YHTEENVETO

Kalaisuudestaan tunnetuissa Onkamoiissa on viime vuosina todettu kiihtyvää rehevöitymistä, mikä on mm. rajoittanut järven virkistyskäyttöä kesäisin. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä käynnistettiin vuonna 1990 Onkamoiden vesiensuojelun suunnittelu yhteistyössä alueen kuntien, kalastuskunnan ja muiden sidosryhmien kanssa. Työn tavoitteena oli selvittää Onkamoiden tilan kehitystä ja kuormittavia tekijöitä, asettaa vesiensuojelutavoitteet sekä esittää keinot tavoitteiden saavuttamiseksi. Suunnittelun pohjaksi tehtiin useita selvityksiä, mm. valuma-alueen maankäyttö- ja hajakuormitus selvitys, Onkamoiden pohjakerrostuma-, kasviplankton- ja pohja-eläintutkimukset sekä selvitykset kuormittavista tekijöistä, rantarakentamisesta ja järvien vedenkorkeuden tasoittamisesta. Suunnittelutyön alkuvaiheessa Onkamoiden alueelle laadittiin vesiensuojeluohjeet, jotka jaettiin valuma-alueen talouksiin syyskuussa 1991.

Onkamoiden ravinnekuormitus on peräisin hajapäästöistä. Tärkeimmät hajakuormituslähteet ovat maa- ja metsätalous, haja- ja loma-asutus, turkistarhaus, turvetuotanto sekä ilman kautta tuleva laskeuma. Sääoloiltaan keskimääräisenä vuonna Onkamoihin tulee kuormituslaskelmien mukaan noin 2900 kg/a fosforia ja 58 000 kg/a typpeä. Fosforikuormasta maa- ja metsätalouden osuus on 42 %, ilman kautta tulevan laskeuman 21 %, haja- ja loma-asutuksen 10 %, turkistarhauksen 1,5 % sekä turvetuotannon 0,5 %. Typpikuormasta 41 % on laskelman mukaan peräisin ilmasta. Maa- ja metsätalouden sekä luonnonhuuhtouman osuudet ovat vajaa neljännes kokonaistyp-
pikuormasta.

Runsassateisena vuonna 1991 ravinnehuuhtouma oli keskimääräistä huomattavasti suurempi. Onkamoihin purkautui vuonna 1991 laskelmien mukaan yhteensä noin 4300

kg fosforia ja 102 000 kg typpeä. Suurin osa ravinnekuormituksesta oli peräisin lähivaluma-alueelta. Lotokanjoen kautta tulevan kuorman osuus oli pieni, sekä fosforista että typestä 6 %. Lotokanjoen vesi purkautuu Pieni-Onkamoon ainoastaan tulvakausina, muina aikoina vedet virtaavat Pieni-Onkamon ohi suoraan Nivanjokeen. Ilman kautta tulevan märkäläskemuksen osuus Onkamoiden kokonaisfosforikuormasta vuonna 1991 oli 22 % ja typpikuormasta 28 %. Leville suoraan käyttökelpoisen liukoisen fosfaatin kuorma oli arviolta 1600 kg eli $0,1 \text{ mg m}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Vuoden 1991 fosforitaseen perusteella sisäisellä kuormituksella on hallitseva merkitys Onkamoissa. Laskelmien mukaan sisäistä kuormitusta tapahtuu Onkamoissa kaikkina vuodenaikoina. Talvella fosforia vapautuu syvänteen sedimentistä ilmeisimmin hapettomuuden seurauksena. Avovesiaikoina perustuotannon seurauksena kohonnut pH, resuspensio sekä bioturbaatio aiheuttanevat sisäistä kuormitusta erityisesti matalilla ranta-alueilla.

Ravinnepitoisuuksien perusteella Onkamot ovat tuottavuudeltaan lähinnä lievästi reheviä (mesotrofisia). Biologisten muuttujien, kuten α -klorofyllipitoisuuden, kasviplanktonbiomassan ja pohjaeläimistön perusteella Onkamot ovat kuitenkin selvästi reheviä (eutrofisia) vesiä. Myös pohjasedimenttitutkimuksen tulokset kuvastavat järvien rehevöitymistä. Kasvukauden ajan α -klorofyllipitoisuuden keskiarvo vuonna 1991 oli $7,7 - 10 \mu\text{g/l}$ ja kasviplanktonbiomassan $3,5 \text{ mg/l}$. Kasviplankton- ja pohjaeläinlajistossa esiintyy kuitenkin rehevyyttä indikoivien lajien lisäksi myös niukkatuottoisuutta (oligotrofiaa) ilmentäviä lajeja. Esimerkiksi Suuri-Onkamon ranta-alueilla esiintyy yleisesti niukkatuottoisuutta suosivia pohjaeläinlajeja, kuten valkokatkaa.

Veden laadullinen käyttökelpoisuus on Onkamoissa tyydyttävä (yleisluokka III). Luokan määrittymiseen ovat vaikuttaneet lähinnä veden α -klorofyllipitoisuus kasvukauden aikana, happipitoisuus (alusveden heikko happitilanne kerrosteisuuskausina) sekä kokonaisfosforipitoisuus (luokitusohjeet Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Käyttökelpoisuutta ovat viime vuosina heikentäneet toistuvat leväkukinnat, verkkojen limoittuminen sekä vesikasvillisuuden lisääntyminen matalilla ranta-alueilla. Ajoittain loppukesällä mm. uintimahdollisuudet ovat Onkamoilla välttävät (virkistyskäyttöluokka IV). Kalastukseen Onkamot soveltuvat kuitenkin erityisesti talvella erinomaisesti. Järvistä on edelleen saatu Pohjois-Karjalan parhaat muikkusaaliit.

Kesällä 1992 toteutetun Onkamoiden rantarakentamisen nykytilannetta koskevan selvityksen mukaan 40 rantatontin edustalla oli rakenteita, joiden luvallisuutta katsottiin tarpeelliseksi edelleen selvittää. Rakenteista suurin osa oli ruoppausmassojen läjityksiä vesialueelle.

Onkamon alivesikorkeuksien nostaminen esimerkiksi pohjapadon avulla ei tehtyjen selvitysten mukaan merkittävästi parantaisi Onkamoiden veden laatua. Vedenkorkeuden nousu kasvukauden aikana pienentäisi jonkin verran vesikasvillisuuden kasvualaa ja alivesikorkeuksien nostaminen nostaisi myös pohjan jäätymisrajaa, mikä parantaisi todennäköisesti kalojen elinoloja ja lisääntymismahdollisuuksia. Toisaalta, joidenkin vaihtoehtojen toteuttaminen ilman Nivanjoen ruoppausta aiheuttaisi huomattavaa tulvahaittaa alapuolisessa vesistössä, mutta myös ruoppaukset aiheuttaisivat melkoista haittaa, mm. veden samentumista ja maisemallisia muutoksia. Kaikki selvitetty vaihtoehtot vaativat vesioikeuden luvan. Vedenkorkeuksien tasoittaminen on hankeena suuri, ja sen jatkosuunnittelu edellyttää täydentäviä selvityksiä.

Vesiensuojelusuunnitelman laadinnan yhteydessä tehtyjen tutkimusten ja selvitysten mukaan Onkamot ovat olleet jo luontaisesti runsastuottoisia järviä. Tätä osoittavat mm. pohjasedimentin piilevätutkimuksen tulokset samoin kuin järvistä kautta aikojen saadut suuret kalansaaliit. Kasviplanktonlajiston perusteella Onkamot on luokiteltu jo 1950-luvulla eutrofiseksi. Järvien mataluus, altaiden morfometria sekä veden kirkkaus samoin kuin valuma-alueen ominaisuudet ovat tekijöitä, jotka mahdollistavat suuren tuottavuuden. Luontaisesta tuottavuudesta huolimatta rehevöityminen ja sen aiheuttamat ongelmat ovat kuitenkin viime vuosien aikana Onkamoilla selvästi lisääntyneet.

Onkamoilla on tärkeä merkitys mm. alueen kalastukselle. Suuri-Onkamosta saadaan nykyisin läänin parhaat muikkusaaliit. Lisäksi Onkamot ympäristöineen ovat lähikuntien tärkeä virkistysalue. Uhkakuvana nähdään edelleen jatkuva rehevöityminen, joka vaikeuttaisi järven virkistyskäyttöä, taannuttaisi hyvän muikkukannan sekä kiihdyttäisi matalien ranta-alueiden umpeenkasvua. Toistuvat pitkäaikaiset sinileväkukinnat estäisivät uinnin ja järven muun virkistyskäytön.

Vesiensuojelun tavoitteena Onkamoilla on rehevöitymiskehityksen pysäyttäminen ja rehevöitymisestä aiheutuvien ongelmien ja haittojen vähentäminen. Tavoitteena on toisin sanoen leväongelmien väheneminen, matalien ranta-alueiden umpeenkasvun estäminen sekä kalaston, erityisesti muikun elinolojen turvaaminen. Rantarakentamisessa tavoitteena on vesimaisemaan sopeutuva, rannat mahdollisimman luonnontilaisina säilyttävä rakentaminen.

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen mahdollisimman pieneksi on ensimmäinen edellytys rehevöitymiskehityksen pysäyttämiseksi. Onkamoilla kuormituksen vähentämistavoitteet ovat seuraavat:

- maatalouden aiheuttamaa kuormitusta vähennetään tavoiteohjelman mukaisesti niin, että peltoviljelyn fosforikuormitus pienenee vähintään kolmanneksen ja vanhojen karjasuojien suorat päästöt loppuvat. Myös typpikuormitusta tulee vähentää merkittävästi
- metsätalouden, haja- ja loma-asutuksen, turvetuotannon ja turkistarhauksen aiheuttamaa fosforikuormitusta pienennetään vähintään kolmanneksella. Tällöin myös typpikuorma vähenee
- metsä- ja turvetalouden aiheuttamaa kiintoainekuormaa vähennetään merkittävästi.

Esitettyjen tavoitteiden toteutuminen merkitsee Onkamoihin lähivaluma-alueelta tulevan kuormituksen pienenemistä noin 30 %. Kaiken kaikkiaan Onkamoiden kokonaiskuormitus vähenisi noin neljänneksen. Suunnitelmassa on esitetty kullekin kuormittavalle tekijälle yksityiskohtaiset keinot kuormituksen vähentämiseksi.

Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on ensimmäinen toimenpide rehevyshaittojen estämiseksi. Onkamoissa, joissa sisäinen kuormitus on hallitseva, pelkkä kuormituksen vähentäminen ei kuitenkaan liene riittävä keino järven tilan kohentamiseksi, vaan lisäksi tarvitaan toimia, jotka vähentävät myös sisäistä kuormitusta. Onkamoissa esiintyviä levähaittoja voitaisiin mahdollisesti lieventää biomanipulaation eli vähäarvoisten kalojen tehopyynnin avulla. Tuloksellinen tehopyynti edellyttää kuitenkin yksityiskohtaista suunnittelua mm. pyydettävän kalamäärän arvioimiseksi. Käytettävissä olevien tietojen pohjalta suunnitelmassa on alustavasti arvioitu, että vähäarvoisen kalan tehopyynnin tarve on noin 10 – 20 kg/ha vuosittain.

KIRJALLISUUS

- Ahti, E. 1990. Metsätalouden ympäristövaikutukset. 52 s. Selvitys puun tuotannon ja korjuun eri toimenpiteiden aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja niitä koskevasta tutkimustilanteesta. Selvitys Metsä 2000 -ohjelman tarkistusta varten.
- Ahtiainen, M. 1990. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 122 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja A 45. ISBN 951-47-3631-1, ISSN 0786-9592.
- Ekholm, P. 1992. Maataloudesta peräisin oleva fosfori vesien rehevöittäjänä. Julk. Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 39-46. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISBN 951-47-5562-6, ISSN 0783-3288.
- Forsberg, C. & Ryding, S.-O. 1980. Eutrophication parameters and trophic state indicates in 30 waste receiving Swedish Lakes. *Archiv für Hydrobiologie*, vol.89, p. 189-207.
- Frosterus, B. & Wilkman, W. 1917. Suomen geologinen yleiskartta, lehti D 3 Joensuu. Helsinki, Geologinen Toimisto. 153 s. Maalajikartan selitys.
- Frosterus, B. & Wilkman, W. 1920. Vuorilajikartan selitys. Lehti D 3, Joensuu. Helsinki, Geologinen Toimisto. 189 s. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000.
- Heinonen, P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. Helsinki, vesihallitus. 91 s. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 37. ISBN 951-46-4612-6, ISSN 0355-0982.
- Helin, J. 1982. Turkistarhojen aiheuttama ainekuormitus pinta- ja pohjavesiin. Helsinki, vesihallitus. 176 s. Vesihallituksen monistesarja 1982:140.
- Horppila, J. & Kairesalo, T. 1990. A fading recovery: the role of roach (*Rutilus rutilus* L.) in maintaining high phytoplankton productivity and biomass in Lake Vesijärvi, southern Finland. *Hydrobiologia* 200/201, p. 153-165.
- Håkansson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio. 316 s.
- Iivanainen, P. 1992. Onkamoiden lähivaluma-alueen maatalouden vaikutus Onkamojärven rehevöitymiseen. 32 s. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä tehty selvitys. Erikoistyö. Kiteen maatalousoppilaitos.
- Ilmavirta, V. (toim.) 1990. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. 479 s. ISBN 951-570-051-5.
- Jaakkonen, A. 1992. Selvitys Onkamoiden rantarakentamisesta. 120 s. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirissä tehty selvitys.
- Järnefelt, H. 1956. Zur Limnologie einiger Gewässer Finnlands XVI. Mit besonderer Berücksichtigung des Planktons. *Ann. Zool. Soc. Vanamo*, vol. 17, no 2, p. 1-201.

- Järvinen, O. & Vänni, T. 1992. Sadeveden pitoisuus- ja laskeuma-arvot Suomessa vuonna 1991. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 74 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 400. ISBN 951-47-5604-5, ISSN 0783-3288.
- Kaijomaa, V.-M., Kokko, H., Mäkinen, K. & Kokko, T. 1984. Pohjois-Karjalan läänin alueellinen kalataloussuunnittelu. Osa II. Saalisvarat. Joensuu, Joensuun yliopisto. 47s., 16 liitettä. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja N:o 65. ISBN 951-696-505-9, ISSN 0358-7347.
- Kaijomaa, V.-M., Kokko, H., Mäkinen, K. & Kokko, T. 1985. Pohjois-Karjalan läänin alueellinen kalataloussuunnittelu. Osa III. Kalatalouden nykytila. Joensuu, Joensuun yliopisto. 91 s., 23 liitettä. Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja N:o 66. ISBN 951-696-526-1, ISSN 0358-7347.
- Kairesalo, T., Keto, J. & Sammalkorpi I. 1990. Biomanipulaatio (ravintoketjukunnostus). Julk.: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. S. 310-326. ISBN 951-570-051-5.
- Kankkunen, L. & Karhapää A. 1981. Kuormittuneiden järvien kalan-tuotannon taloudellinen optimointi. Tapaustutkimuksen kohteena Onkamojärvi Pohjois-Karjalassa. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 27 s. + liitteet. Väkiraportti 27.7.1981. Käsikirjoitus.
- Kansanen, P. 1992. Tuusulanjärven sedimentin kunto ja kunnostusmahdollisuudet. Kerava, Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntainliitto. 87 s. Sedimenttitutkimuksen loppuraportti. ISBN 951-96490-0-X.
- Kansanen, M. 1992. Onkamojärvien pelagialueen kasviplankton kasvukaudella 1991 ja siihen vaikuttavat ympäristötekijät. 60 s. Joensuun yliopiston biologian laitos. Syventävien opintojen tutkielma.
- Karjalan maanviljelysinööripiiri 1927. G.A. Stählen lausunto Onkamojärven laskemisesta sekä Lotokanjoen ja sen sivuhaarojen perkaamisesta. Karjalan maanviljelysinööripiirissä tehty selvitys. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri, Tno 1133 Ka 1.
- Karhapää, A. 1982. Kuormittuneiden järvien kalantuotannon taloudellinen optimointi. Tapaustutkimuksen kohteena Onkamojärvi Pohjois-Karjalassa. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 35 s. Kalataloudellisen osan väkiraportti 26.7.1982. Käsikirjoitus.
- Karjasuojien vesiensuojelua koskeva valvontaohje. 1990. 11 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen valvontaohje nro 61.
- Kauppi, L. 1979. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to watercourses. S. 21-41. Helsinki, vesihallitus. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 30.
- Kauppi, L. 1992. Maatalouden kuormituksen vähentämisen merkitys järvien rehevöitymiselle. 2 s. Ympäristöntutkimuspäivät Kuopiossa 26.-27.10.1992. Esitelmän tiivistelmä.
- Kemppainen, E. 1992. Karjanlannan typen ja fosforin huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. Julk.: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 153-173. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISBN 951-47-5562-6, ISSN 0783-3288.

- Knuuttila, S., Kallio, K. & Salo, S. 1992. Ravinnetaseet ja rehevöityminen maatalouden kuormittamisissa järvissä. Julk.: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 51–66. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISBN 951-47-5562-6, ISSN 0783-3288.
- Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon 1991. 85. vsk. Helsinki, Ilmatieteen laitos. ISSN 0303-2485.
- Kähäri, J. 1992. Keskimääräinen happamuus ja ravinteisuus kunnittain ja maatalouskeskuksittain 1986–1990. Helsinki, Viljavuuspalvelu. Painossa.
- Lakso, E. & Viitasaari, 1990. Kauhajärven vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 82 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 241. ISBN 951-47-3024-0, ISSN 0783-3288.
- Lappalainen, K.M. 1990. Rehevöityminen seurausilmiöineen. Julk.: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. S. 108–133. ISBN 951-570-051-5.
- Lappalainen, K.M. & Matinvesi, J. 1990. Järven fysikaalis-kemialliset prosessit ja ainetaseet. Julk.: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. S. 54–84. ISBN 951-570-051-5.
- Lappalainen, K.M. & Seppänen, P. 1990. Kunnostuksen ja hoidon yleissuunnittelu. Julk.: Ilmavirta, V. (toim.). Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. S. 167–201. ISBN 951-570-051-5.
- Lappalainen, K.M. & Varis, O. 1987. Haja- ja sisäkuormitus – häiriköt järvelle, tutkimukselle ja hallinnolle. Julk.: Vesi- ja ympäristöhallitus. Turvetuotannon ja maatalouden vesistöhaitat ja niiden vähentäminen. Helsinki. S. 75–84. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 22. ISBN 951-46-9651-4, ISSN 0783-3288.
- Leppäjärvi, R. (toim.) 1991. Hydrologinen vuosikirja 1987–1988. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 207 s. Hydrologinen vuosikirja. ISBN 951-47-4734-8, ISSN 0356-4053.
- Liljaniemi, P. 1992. Onkamojärven ja Särkijärven pohjaeläinlajisto ja eläimistön käyttö ympäristön tilan indikaattorina. 50 s. + liitteet. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirille tehty tutkimus. Jyväskylän yliopisto. Tutkielma.
- Luotonen, H. & Turunen, V. 1991. Pohjois-Karjalan turvetuotantoalueiden vesiensuojelutilanne ja vesiensuojelun tehostamistarve sekä tuotantoalueiden alapuolisten vesistöjen tila. Alustava raportti. Joensuu 50 s. + liitteet. Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiirin selvitys.
- Lyytikäinen A. & Kontturi, O. 1980. Pohjois-Karjalan harjuluonto. Joensuu, Joensuun korkeakoulu. 112 s. Valtakunnallinen harjututkimus. Raportti 13. ISBN 951-99297-0-3.
- Malve, O., Huttula, T., Lehtinen, K. & Krogerus, K. 1992. Ähtävänjoen vesistön rehevyystasoon vaikuttavat tekijät. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 84 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 419. ISBN 951-47-6403-X, ISSN 0783-3288.

- Marttinen, M. & Sammalkorpi, I. 1986. Kalaston manipulointi rehevöityneiden järvien kunnostamisessa. Julk.: Vesihallitus. Järvien kunnostus. Helsinki. S. 121–129. Oulun vesistö-tutkimuspäivät 14.–15.4.1986. ISBN 951-46-9622-0, ISSN 0783-3288.
- Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunnan mietintö. 1987. Helsinki, maa- ja metsä-talousministeriö. 344 s. Komiteamietintö 1987:62. ISBN 951-471208-0, ISSN 0356-9470.
- Naumanen, P. 1992. Onkamojärvien vesistöalueen virtaaman mittaukset 1991. 64 s. Wärtsilän teknillinen oppilaitos, rakennusosasto. Insinööritoimisto.
- Niinioja, R. 1992. Lietelannan levitys ja ravinteiden huuhtoutuminen Liperin koekentällä. 87 s. MML-tutkielma. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos, limnologian osasto.
- Nykänen, O. 1968. Kallioperäkartan selitys. 66 s. Lehti 4232–4234 Tohmajärvi. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Nykänen, O. 1971a. Kallioperäkartta – Pre-Quaternary rocks. Lehti 4241 Kiihtelysvaara. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- Nykänen, O. 1971b. Kallioperäkartan selitys. 68 s. Lehti 4241 Kiihtelysvaara. Suomen geologinen kartta 1:100 000.
- OECD. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control. Paris. 154 p. ISBN 92-64-12298-2.
- Ollikainen, M. 1992. Onkamojärvien pohjasedimenttitutkimuksen raportti. 22 s. Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksessa tehty selvitys.
- Onkamot. 1991. Joensuu, Pohjois-Karjalan vesi- ja ympäristöpiiri. 16 s. Vesiensuojeluopas. ISBN 951-47-4296-6.
- Pietiläinen, O.-P. & Rekolainen, S. 1991. Dissolved reactive and total phosphorus load from agricultural and forested basins to surface waters in Finland. Aqua Fennica, vol 21, no 2, p. 127–136.
- Rekolainen, S. 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. Aqua Fennica, vol. 19, no 2, p. 95–107.
- Rekolainen, S. 1992. Eroosion ja fosforikuormituksen vähentäminen viljelytekniikan avulla. Julk.: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 101–106. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISBN 951-47-5562-6, ISSN 0783-3288.
- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila. Helsinki, maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarainneuvosto. 61 s. Luonnonvarajulkaisuja 15. MAVERO:n loppuraportti.
- Sallantaus, T. 1983. Turvetuotannon vesistökuormitus. 122 s. Pro gradu – työ. Helsingin yliopisto, limnologian laitos.

- Salo, S. 1992. Laskeutuvan aineksen määrä ja koostumus maatalouden kuormittamisissa Pyhä- ja Villikkalanjärvässä Artjärven kunnassa. 56 s., 4 liitettä. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, limnologian ja ympäristönsuojelun laitos.
- Salonen, S., Frisk, T., Kärmeniemi, T., Niemi, J., Pitkänen, H., Silvo, K. & Vuoristo, H. 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä - vaikutusten arviointi. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 137 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 96. ISBN 951-47-5715-7, ISSN 0786-9592.
- Santala, E. (toim.) 1990. Pienet jäteveden maapuhdistamot. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 117 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja, sarja B, nro 1. ISBN 951-47-3064-X, ISSN 0786-9606.
- Sarvala, J. & Jumppanen, K. 1988. Nutrients and planktivorous fish as regulators of productivity in Lake Pyhäjärvi, SW Finland. *Aqua Fennica*, vol 18, no 2, p. 137-155.
- Saura, M. 1990. Metsälannoitus vesistöjen rehevöittäjänä. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 60 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 270. ISBN 951-47-3054-2, ISSN 0783-3288.
- Seuna, P. 1988. Effects of clear-cutting and forestry drainage on runoff in the Nurmes-study. Helsinki, Valtion painatuskeskus. S. 120-134. Suomen Akatemian julkaisuja 4/1988. Symposium on the Hydrology of Wetlands in temperate and cold Regions - Vol. 1. Joensuu, Finland 6-8 June, 1988. ISBN 951-715-215-9, ISSN 0358-9153.
- SFS 5076. 1989. Pohjaeläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta. Suomen standardoimisliitto SFS r.y.
- Sippola, J. & Saarela, I. 1992. Suomen maalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. Julk. Rekolainen, S. & Kauppi, L. (toim.). Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. S. 27-36. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 359. ISBN 951-47-5562-6, ISSN 0783-3288.
- Tikkanen, T. 1986. Kasviplanktonopas. Forssa, Forssan kirjapaino Oy. 278 s. ISBN 951-9381-16-3.
- Torpström, H. & Lappalainen, K.M. 1992. Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki, vesi- ja ympäristöhallitus. 42 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 95. ISBN 951-47-5711-4, ISSN 0786-9592.
- Turkia, J. 1986. Kasviplankton ja sen riippuvuus ympäristötekijöistä eräissä Pohjois-Karjalan vesistöissä. Helsinki, vesihallitus. 137 s. Vesihallituksen monistesarja nro 407. ISBN 951-46-9356-6, ISSN 0358-7169.
- Turtola, E. & Jaakkola, A. 1985. Viljelykasvin ja lannoitustason vaikutus typen ja fosforin huuhtoutumiseen savimaasta. Jokioinen, maatalouden tutkimuskeskus. 43 s. Tiedote 6.
- Turunen, T. 1984. Kalojen ravinnosta ja kasvusta Suomunjärvessä ja Onkamojärvässä (PK). Joensuu, Joensuun yliopisto. 150 s. Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitoksen monisteita N:o 3/1984. ISBN 951-696-501-6, ISSN 0781-1969.

Turvetuotannon vesiensuojelua koskeva valvontaohje. 1991. Vesi- ja ympäristöhallituksen valvontaohje nro 64.

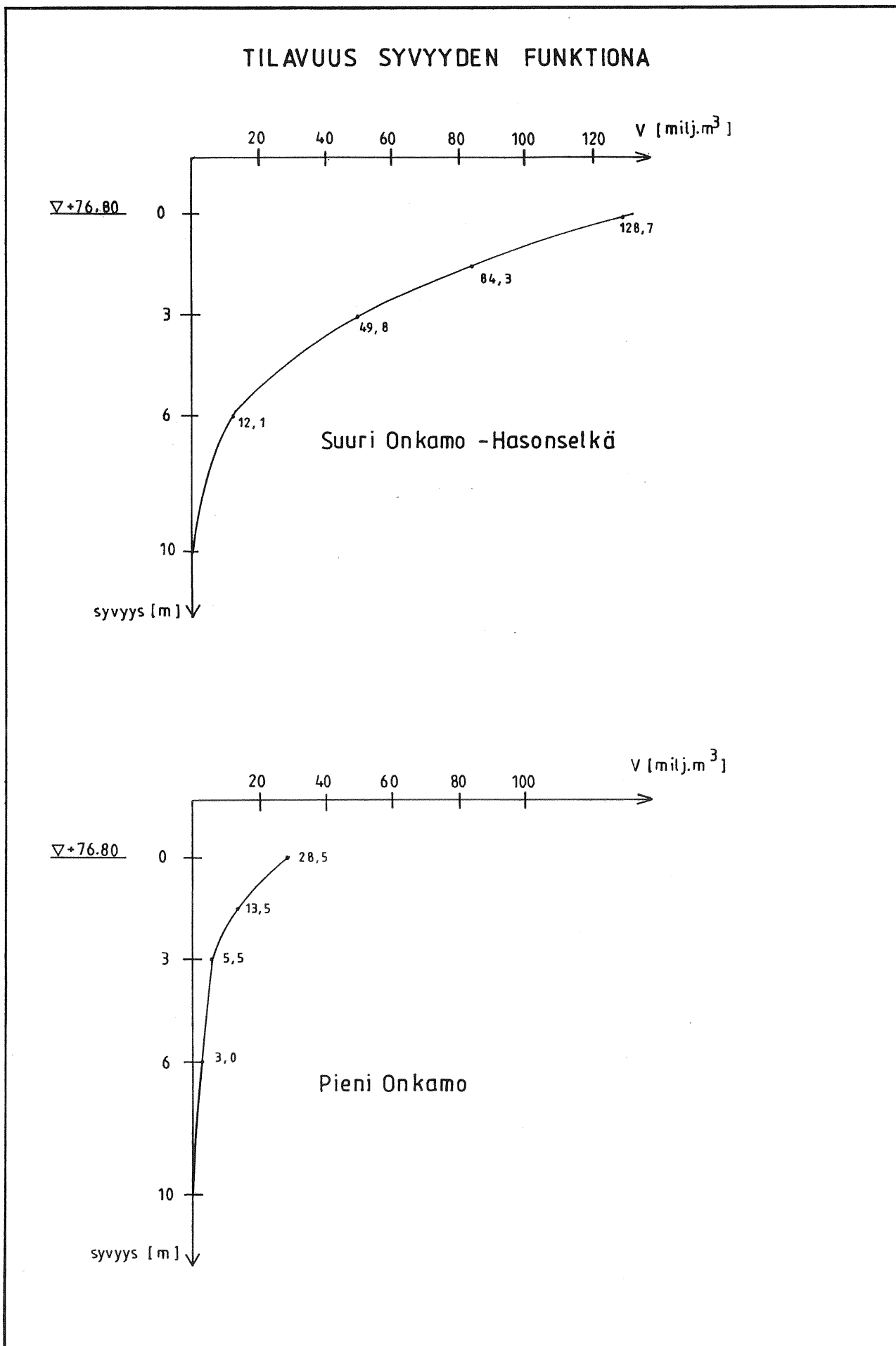
Vesiensuojelun tavoiteohjelma vuoteen 1995. 1987. Helsinki. 191 s. Komiteanmietintö 1986:42. Vesiasiain neuvottelukunta. ISBN 951-46-7920, ISSN 0356-9470.

Vesi- ja ympäristöhallitus. 1988. Vesien laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen.

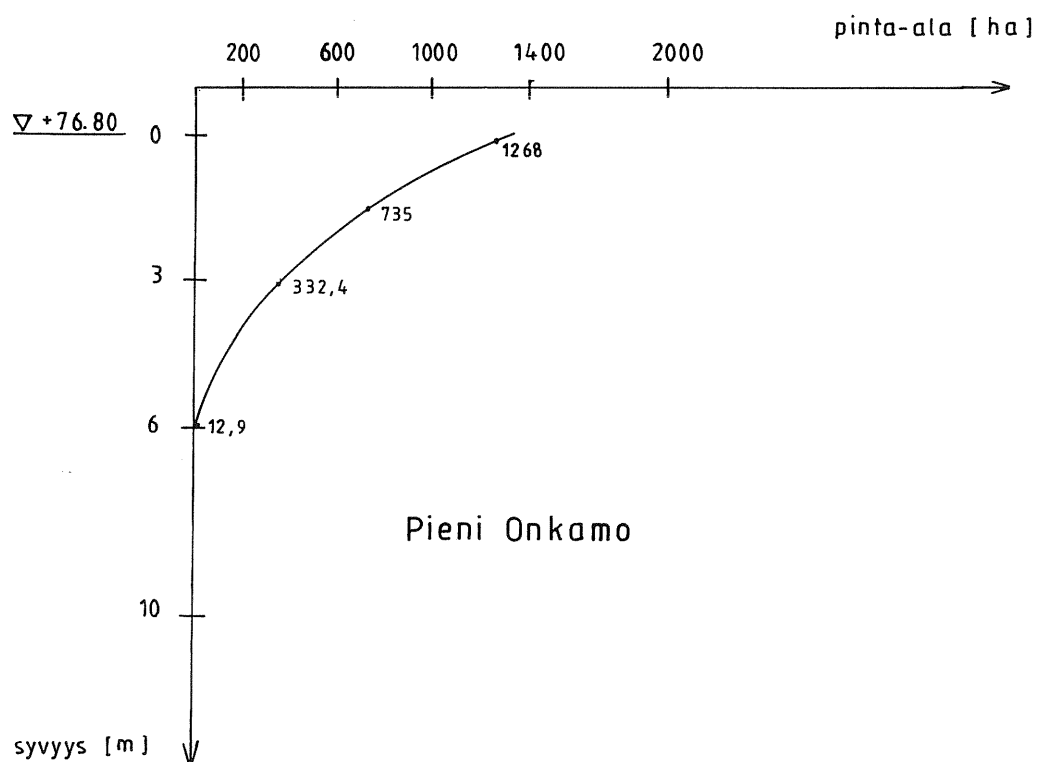
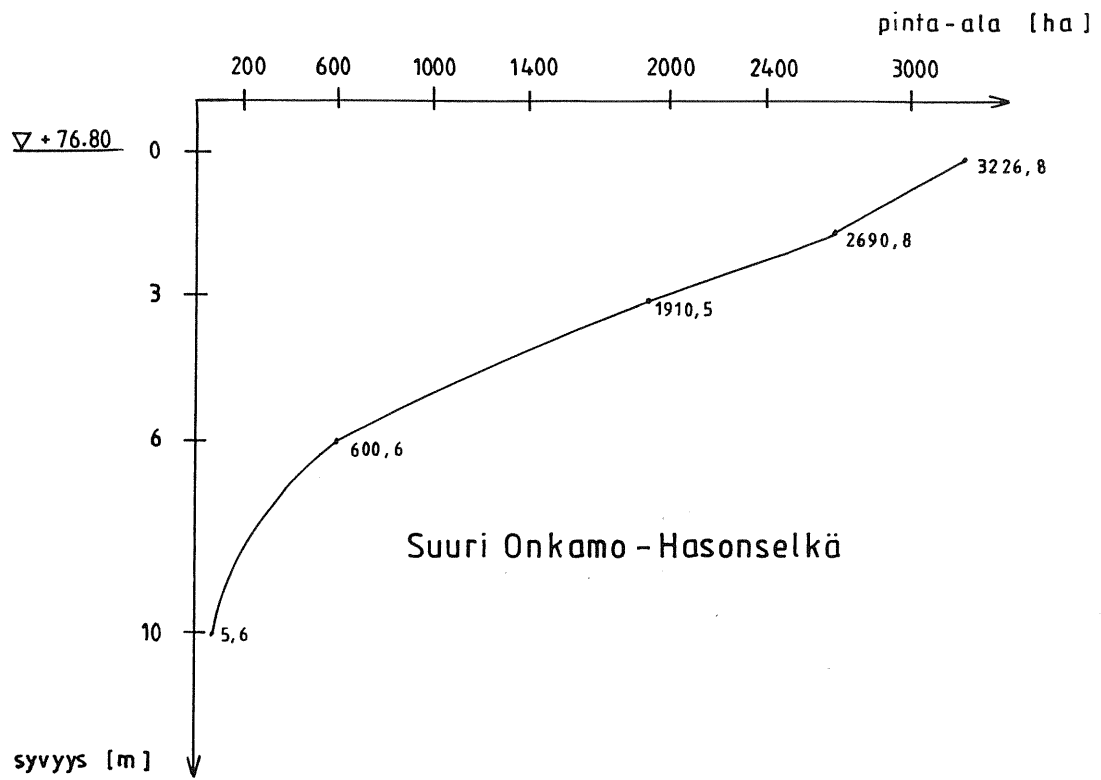
Viitasaari, S. 1990. Maatalouden vesistökuormitus ja sen merkitys Ähtävänjoen vesistöalueella. Julk.: Vesi- ja ympäristöhallitus. 1990. Maatalouden vesiensuojelu. Helsinki. S. 49-55. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 245. Oulun vesistötutkimuspäivät 3.-4.1990 ISBN 951-47-3028-3, ISSN 0783-3288.

Vänskä, T. 1991. Vesistöjen hajakuormitus: esimerkitapauksena Onkamojärvi Pohjois-Karjalassa. 90 s., liitteet. Syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, maantieteen laitos.

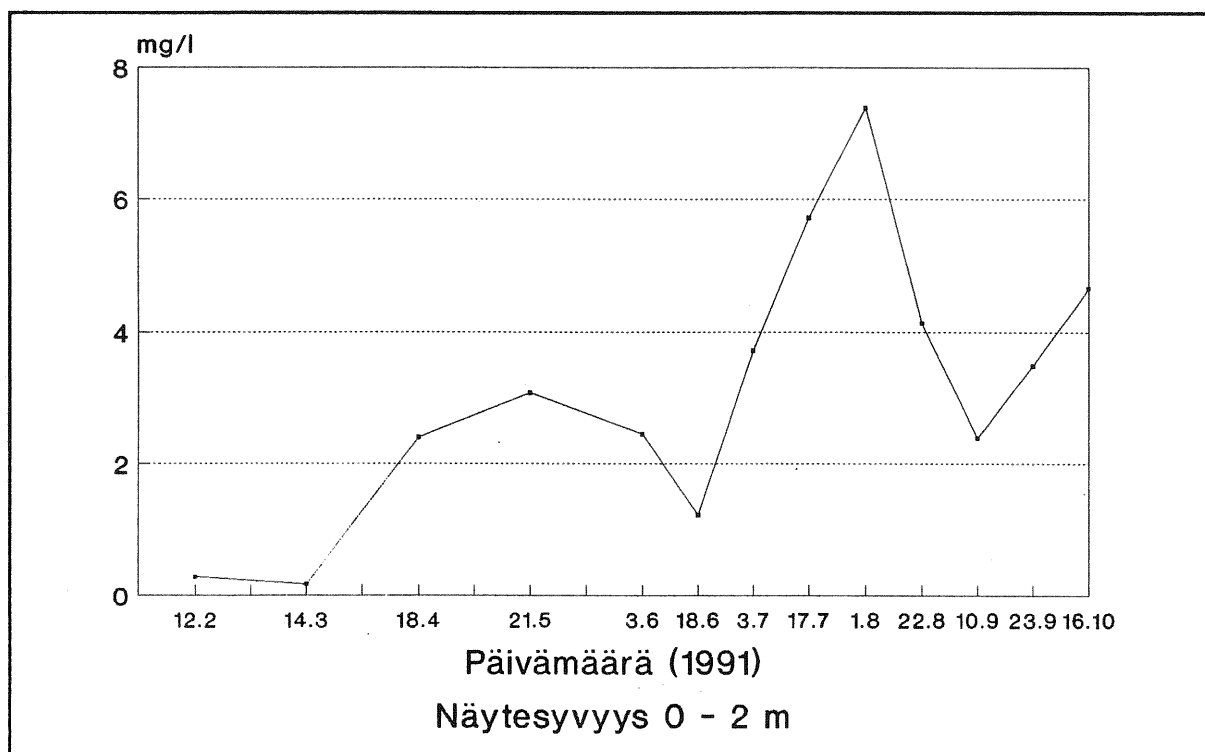
LIITE 1. ONKAMOIDEN TILAVUUS JA PINTA-ALA SYVYYDEN FUNKTIONA.



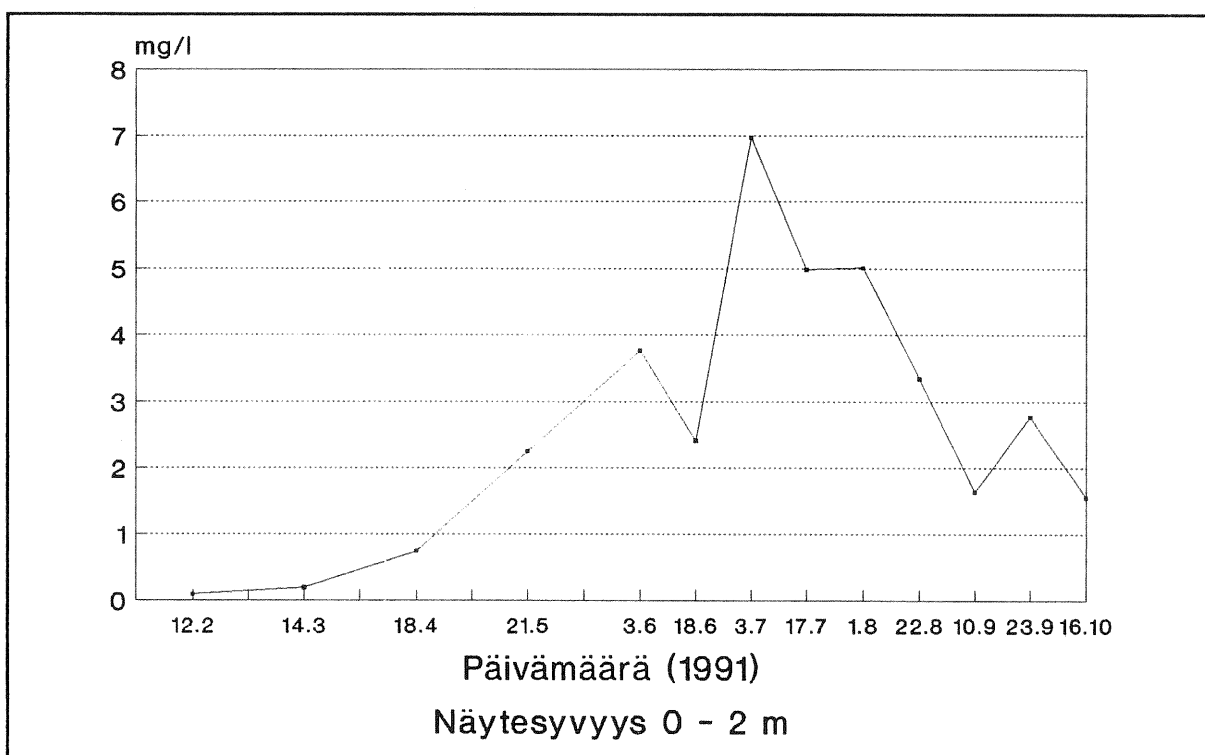
PINTA-ALA SYVYYDEN FUNKTIONA



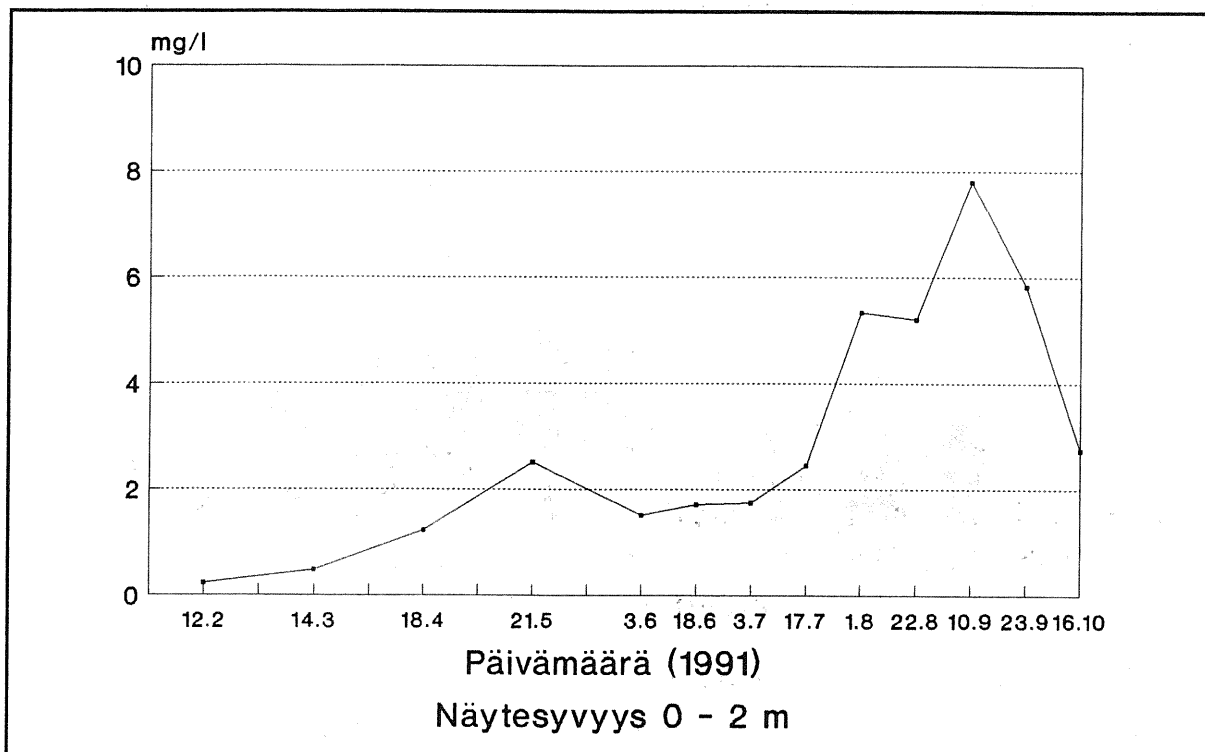
LIITE 2. KASVIPLANKTONBIOMASSAN KEHITYS ONKAMOISSA VUONNA 1991
(Kansonen 1991).



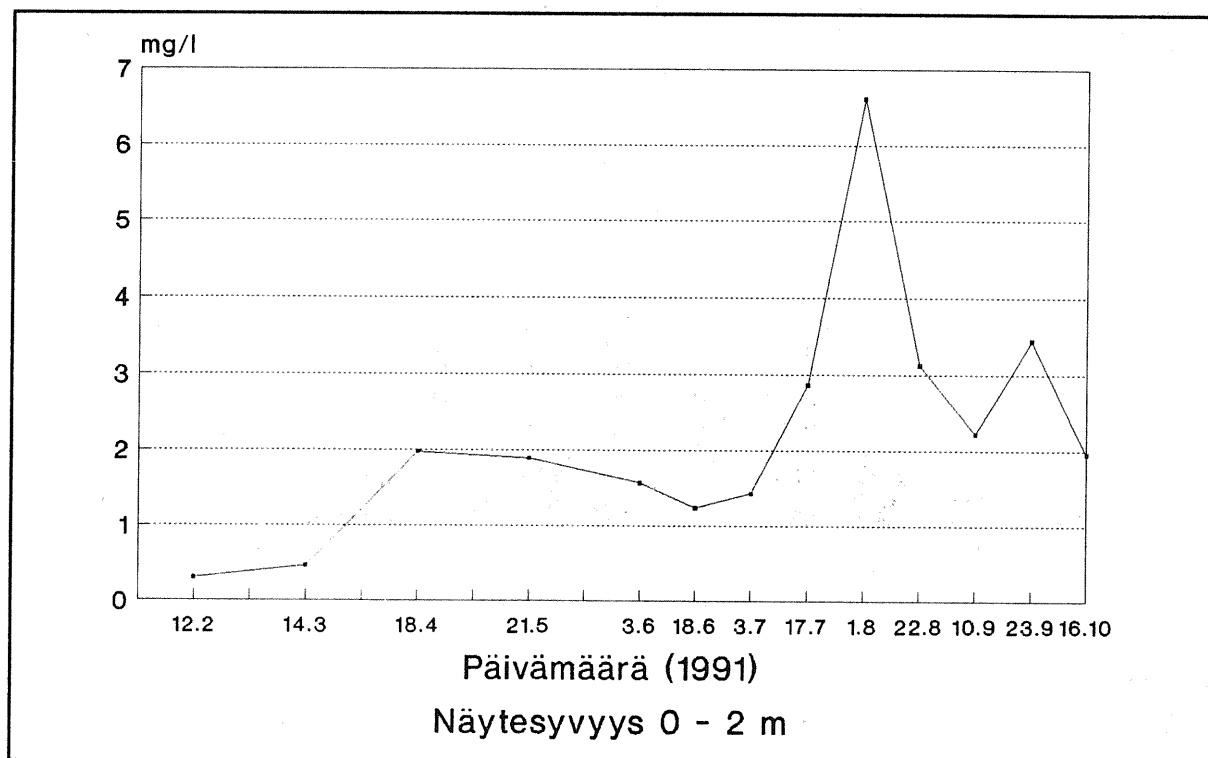
Pieni-Onkamo, asema 10



Pieni-Onkamo, asema 65

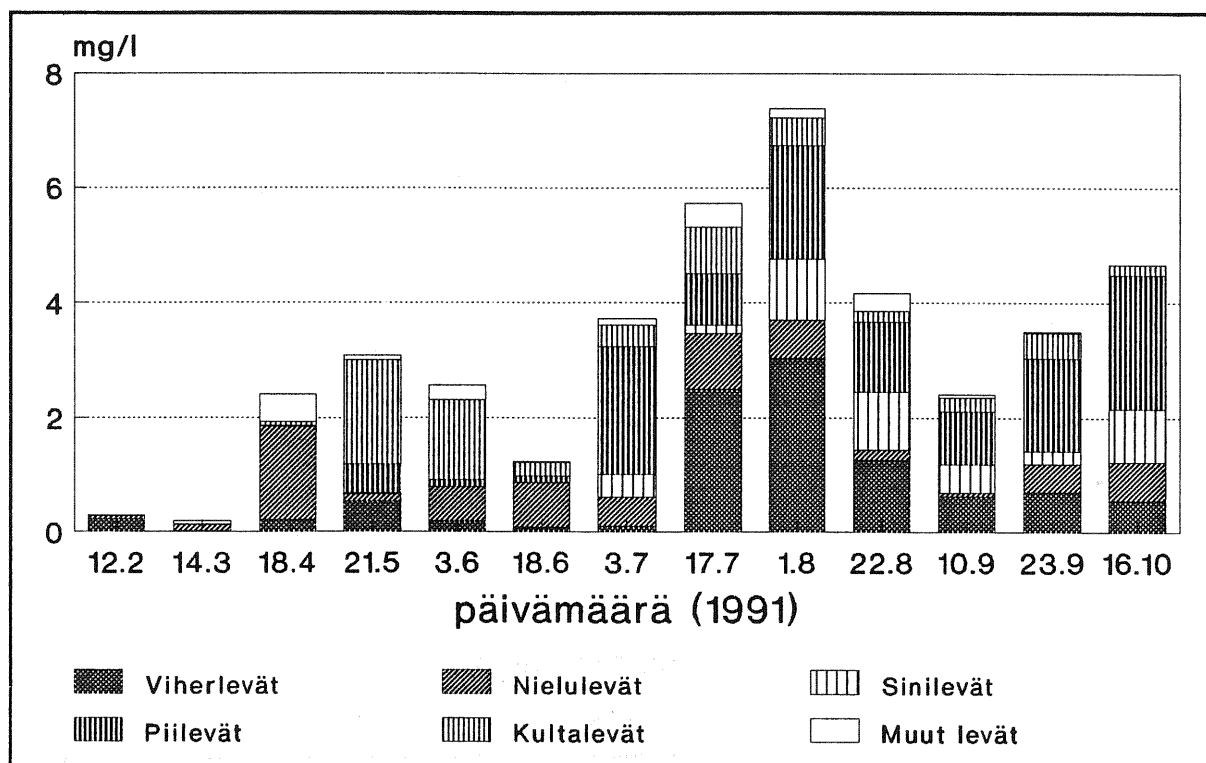


Suuri-Onkamo, asema 2

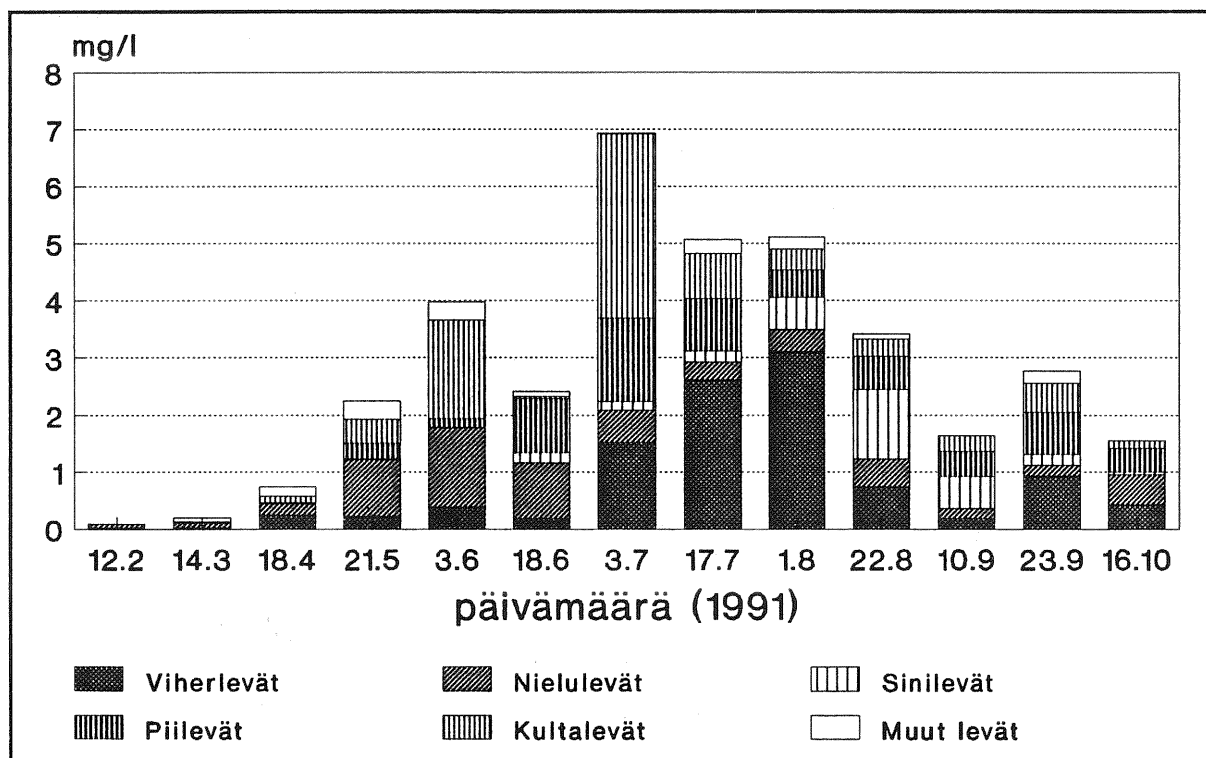


Suuri-Onkamo, Hasonselkä, asema 12

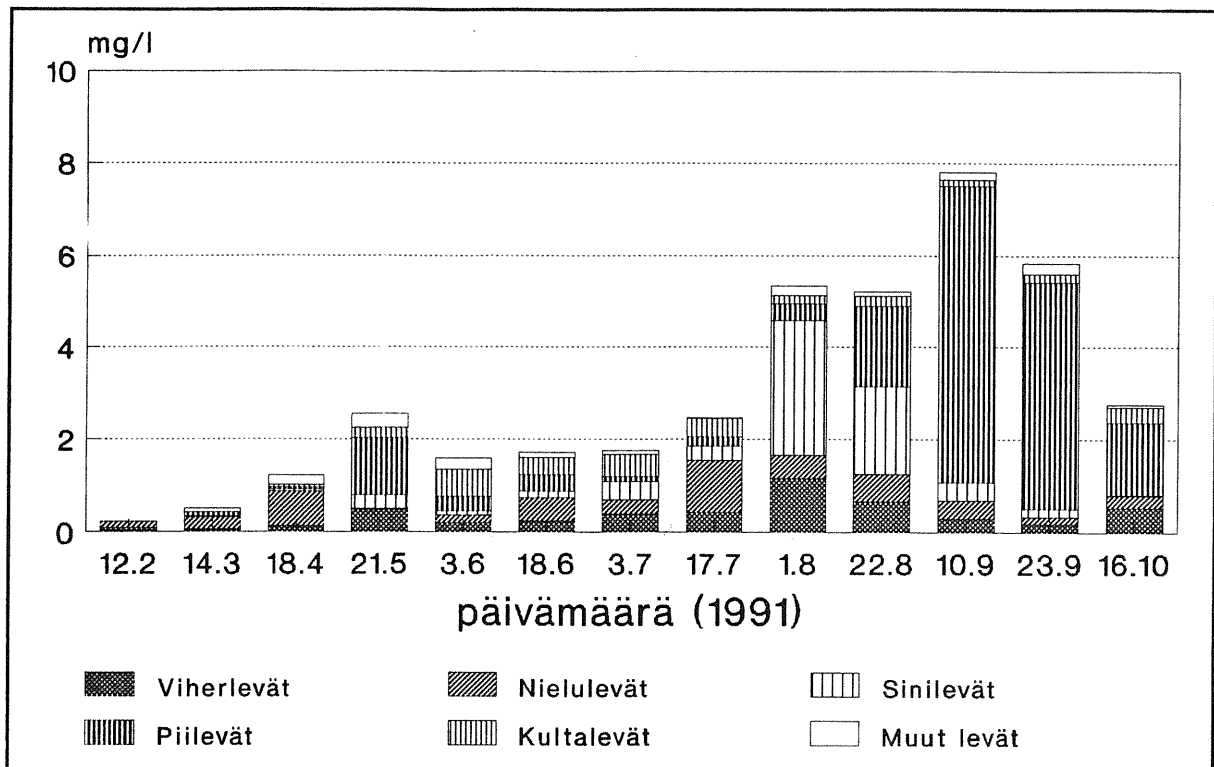
LIITE 3. ERI LEVÄRYHMIEN OSUUS ONKAMOIDEN KASVIPLANKTONBIOMASSASTA VUONNA 1991 (Kansonen 1991).



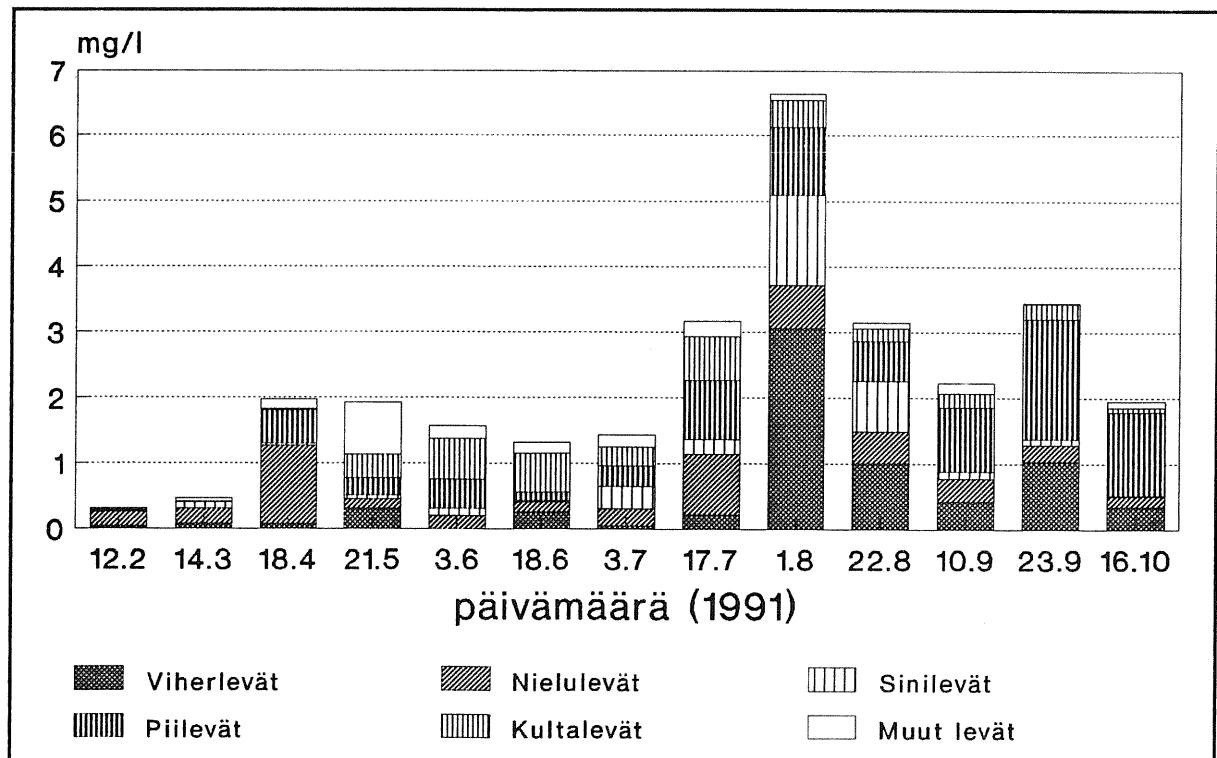
Pieni-Onkamo, asema 10



Pieni-Onkamo, asema 65

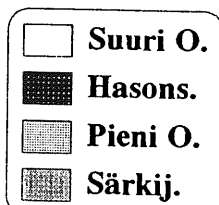
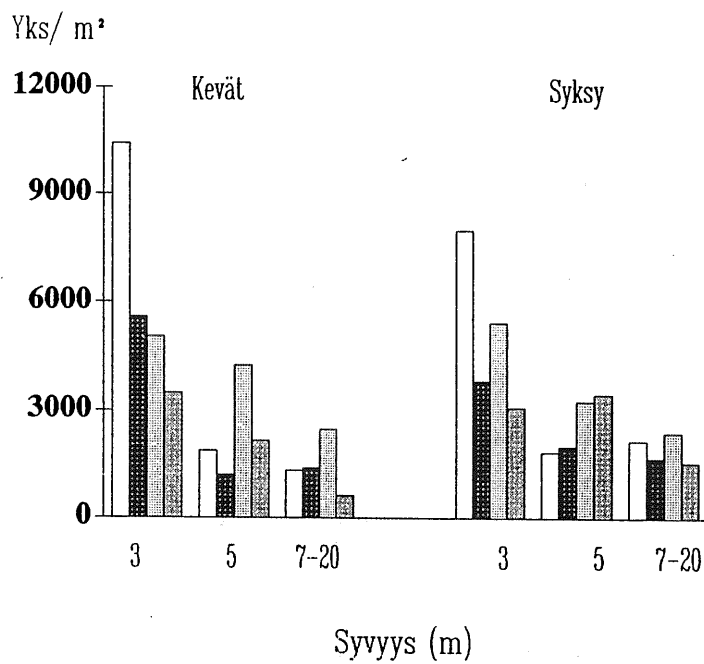
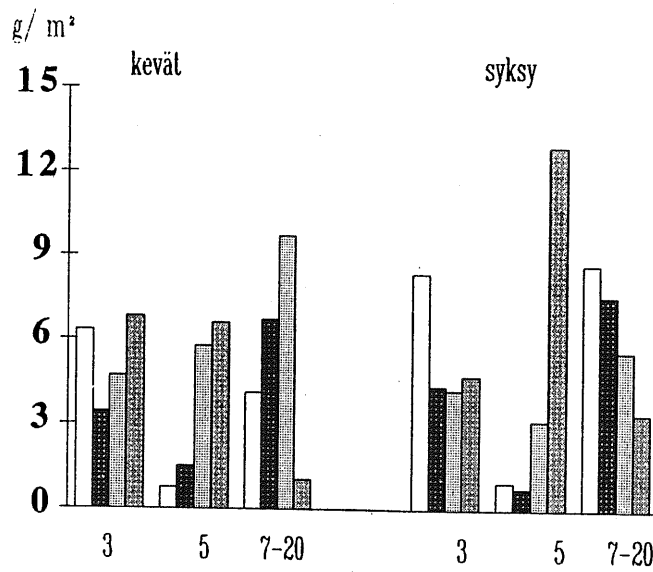


Suuri-Onkamo, asema 2

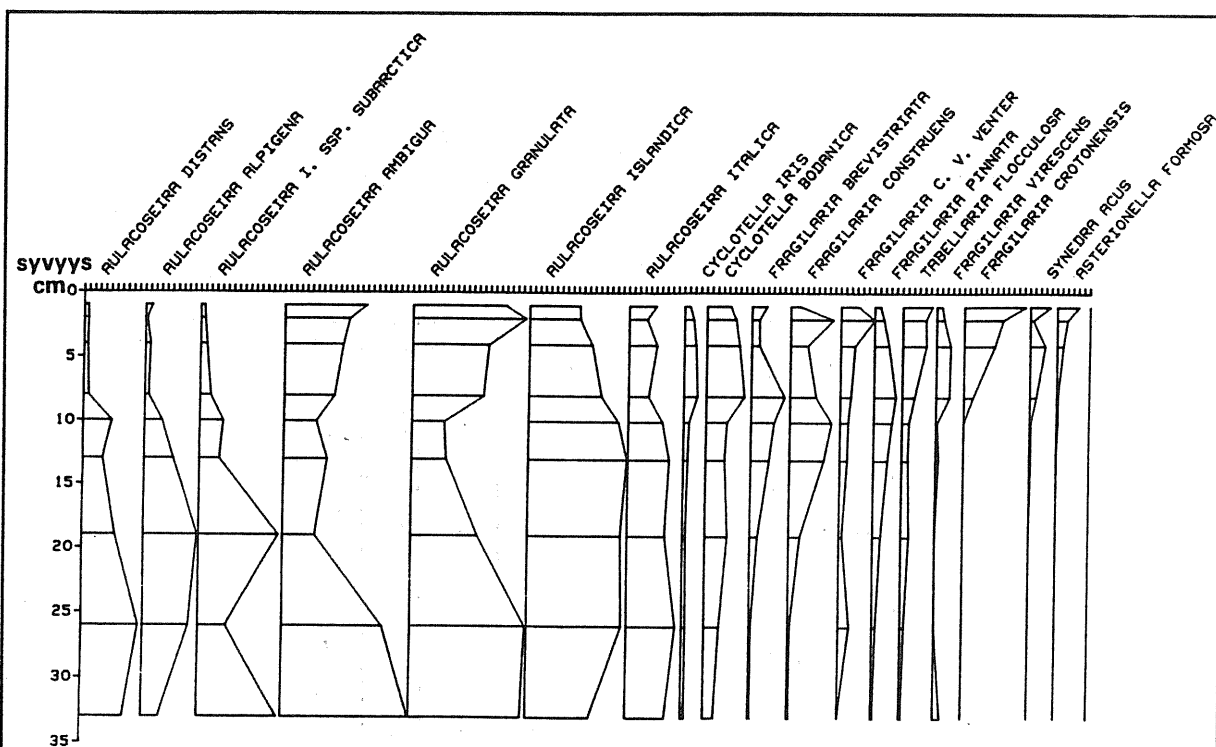


Suuri-Onkamo, Hasonselkä, asema 12

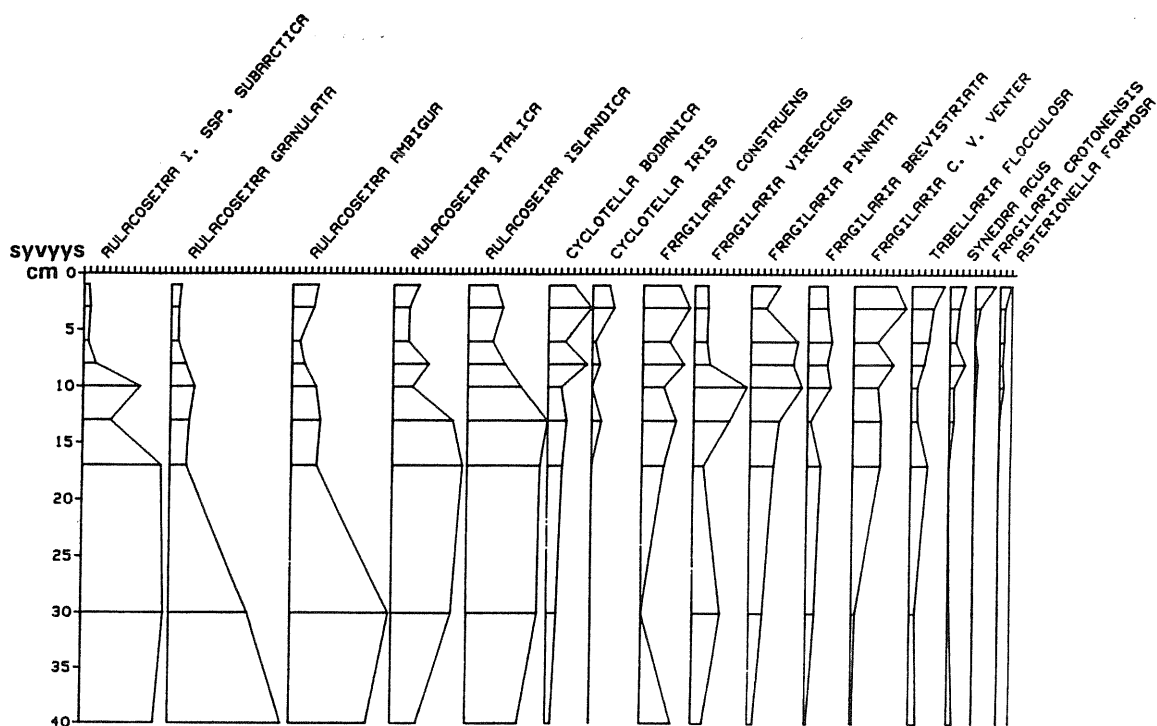
**LIITE 4. POHJAELÄINTEN KOKONAISBIOMASSAT JA YKSILÖMÄÄRÄT
ONKAMOISSA VUONNA 1991 (Liljaniemi 1992).**



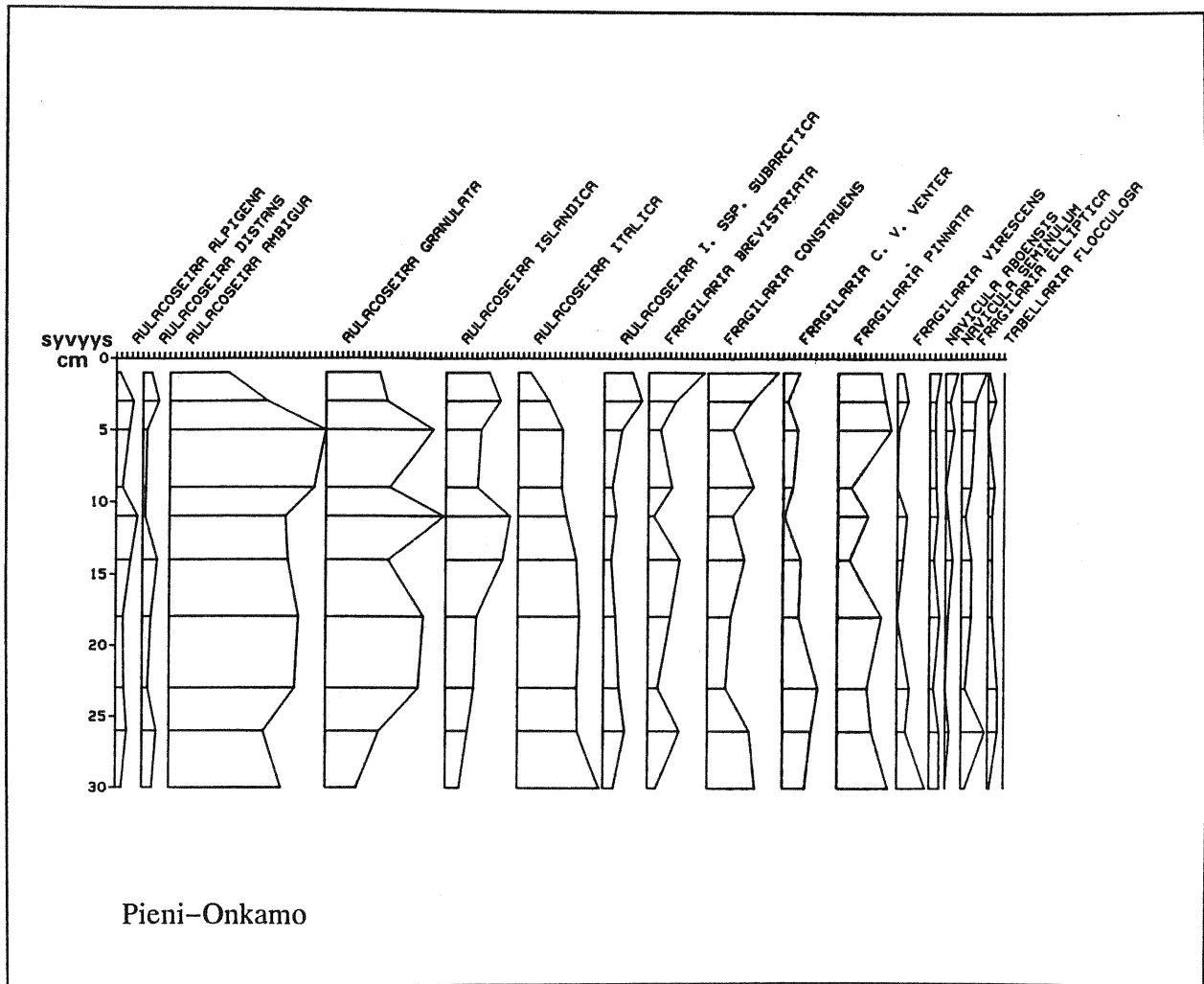
LIITE 5. ONKAMOIDEN POHJASEDIMENTIN PIILEVÄLAJISTON STRATIGRAFISET KUVAAJAT (Ollikainen 1991).



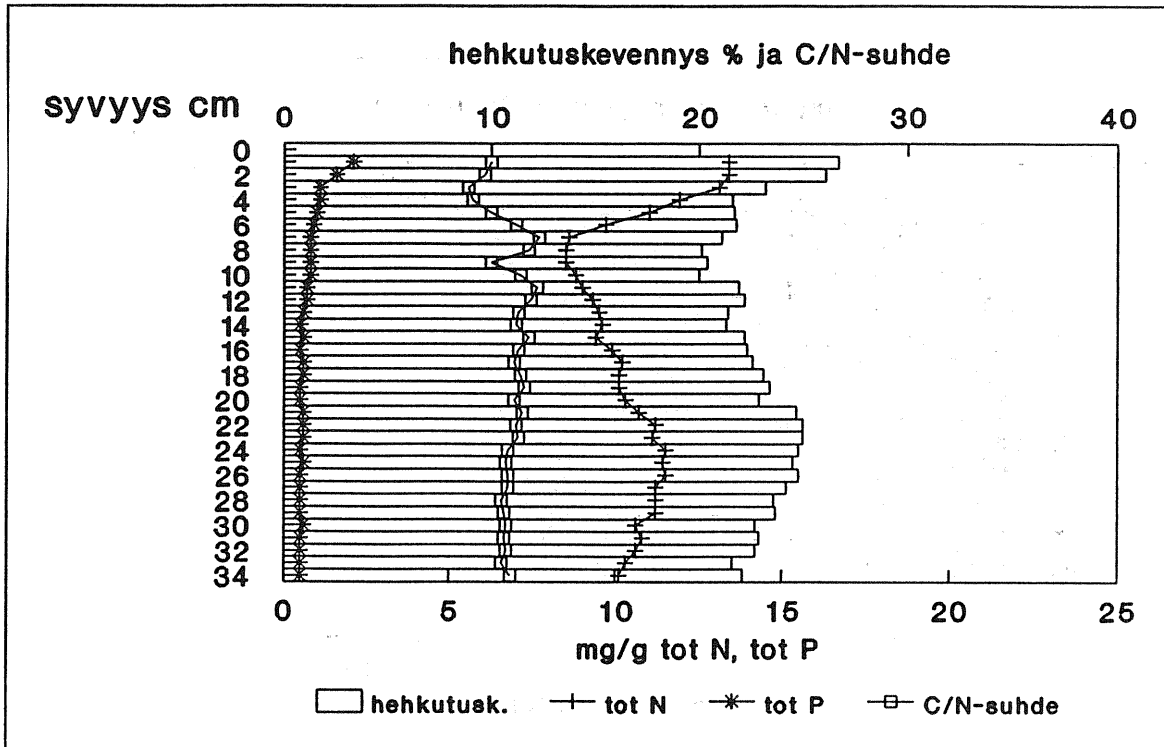
Suuri-Onkamo



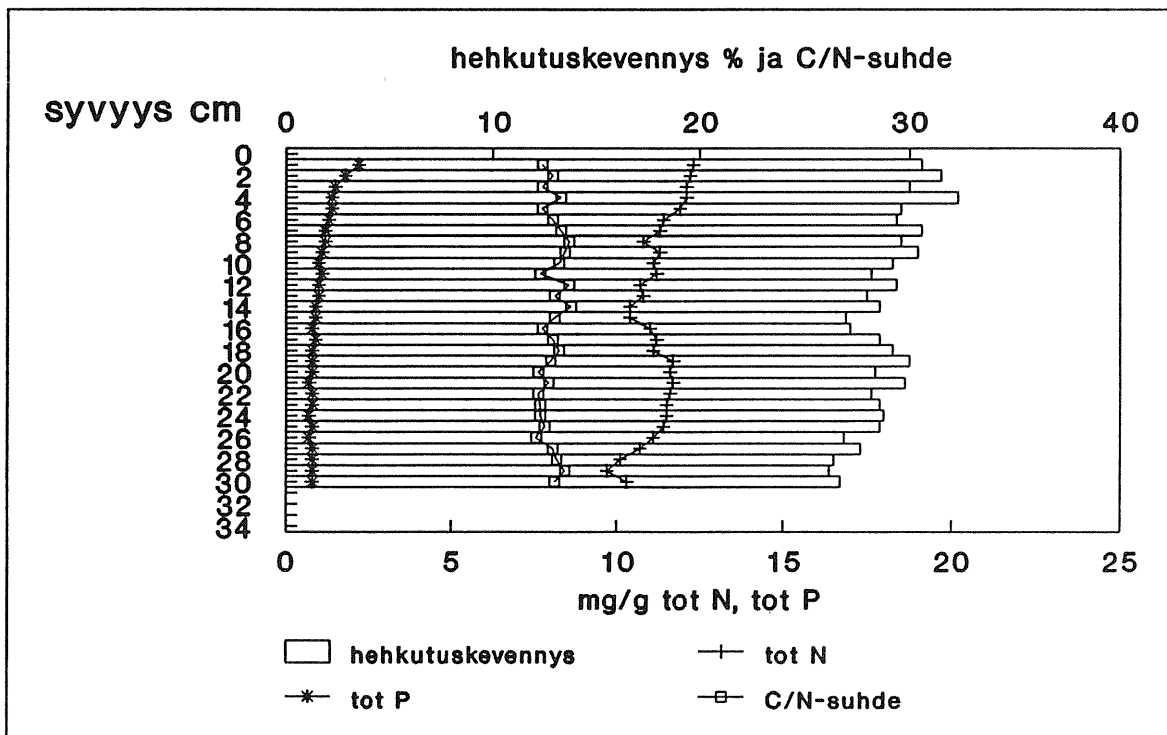
Suuri-Onkamo, Hasonselkä



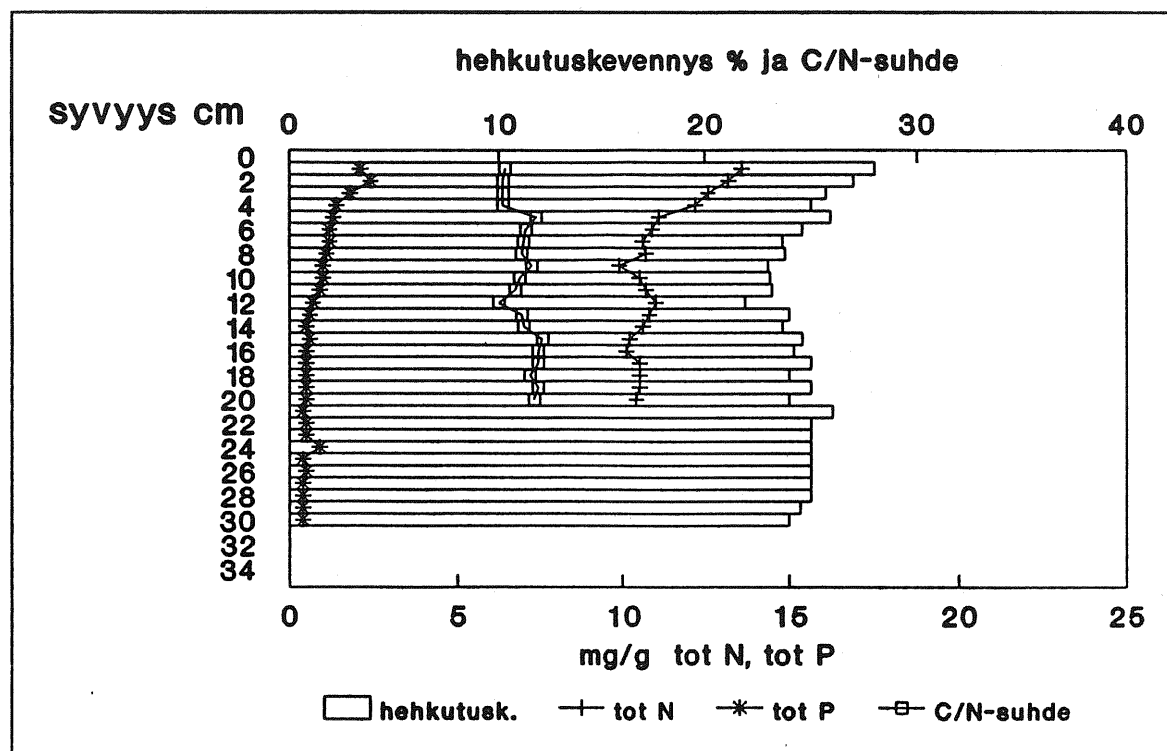
LIITE 6. POHJASEDIMENTIN HEHKUTUSKEVENNYS, KOKONAISFOSFORI- JA KOKONAISTYPPIPITOISUUDET SEKÄ C/N-SUHDE ONKAMOISSA KEVÄTTÄLLÄ 1991 (Ollikainen 1991).



Suuri-Onkamo



Suuri-Onkamo, Hasonselkä



Pieni-Onkamo

